

Wirkung von Anreizmechanismen auf Investitionen und Kooperationen bei der Entwicklung neuer Antibiotika

Zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Wirtschaftswissenschaften

(Dr. rer. pol.)

von der KIT-Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)

genehmigte

DISSERTATION

von

M. Sc. Wi.-Ing. Jan-Michael Schläfer

Tag der mündlichen Prüfung: 18. Juni 2026

Referent: Prof. Dr. Hagen Lindstädt

Korreferent: Prof. Dr. Orestis Terzidis

Karlsruhe

Juni 2026

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	X
Abkürzungsverzeichnis	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Hintergrund und Motivation	1
1.2 Zielsetzung und Methodik	4
1.3 Aufbau der Arbeit	6
2 Theoretische Grundlagen und Stand der Forschung	8
2.1 Der Antibiotikamarkt im Überblick	8
2.1.1 Resistenzentwicklung, Forschungsstagnation und Marktstruktur	9
2.1.2 Wertschöpfungsprozess und Marktmechanismen	18
2.1.3 Marktakteure und deren Rollen	25
2.2 Ursachen und Implikationen des Marktversagens	29
2.2.1 Marktversagen und Allokationspolitik aus wohlfahrtsökonomischer Sicht	29
2.2.2 Theoretische Herleitung des Versagens im Antibiotikamarkt	30
2.2.3 Mechanismus-Design-Theorie	33
2.2.4 Push- und Pull-Mechanismen	36
2.2.5 Entwicklung und Bilanz implementierter Anreizmechanismen	39
2.3 Bestehende Forschungsansätze und Ableitung der Forschungsfrage	42
2.3.1 Empirisch-basierte Befragungs- und Erhebungsansätze	42
2.3.2 Normativ-rationale Modellierungsansätze	44
2.3.3 Identifizierung der Forschungslücke und Formulierung der Forschungsfrage	47
3 Entwicklung des Antibiotika-Fördermodells und Konzeptionierung der experimentellen Untersuchung	51
3.1 Konzeption des Antibiotika-Fördermodells	51
3.1.1 Grundlegende Anforderungen und Rahmenbedingungen	51

3.1.2	Das ENPV-Modell als Modellbasis	53
3.1.3	Erweiterung des ENPV-Modells	55
3.1.4	Auswahl und Charakterisierung der zu untersuchenden Anreizdesigns .	60
3.2	Design und Operationalisierung der experimentellen Untersuchung	67
3.2.1	Anforderungen und Rahmenbedingungen	68
3.2.2	Entwicklung des Experimentaldesigns	72
3.2.3	Implementierung der Experimentalplattform und Durchführung der Da- tenerhebung	84
3.2.4	Herleitung der Forschungsthese und -hypothesen	91
4	Auswertung und Diskussion der Ergebnisse	103
4.1	Deskriptive Analyse	104
4.1.1	Deskriptive Analyse der Ergebnisse des Investitionsspiels	104
4.1.2	Deskriptive Analyse der Ergebnisse des Kooperationsspiels	106
4.2	Statistische Hypothesenüberprüfung	110
4.2.1	Überblick und Charakteristik der vorliegenden Datenstruktur	111
4.2.2	Auswahl geeigneter statistischer Verfahren	112
4.2.3	Definition und Beschreibung der untersuchten Variablen	116
4.2.4	Statistische Hypothesenüberprüfung von Investitionen	118
4.2.5	Statistische Hypothesenüberprüfung von Kooperationen	128
4.3	Interpretation der Ergebnisse	132
4.4	Diskussion der Ergebnisse	135
4.5	Experteninterviews und Ergebnisse für das Anreizdesign	138
5	Abschließende Überlegungen und Ausblick	145
5.1	Zusammenfassung der zentralen Erkenntnisse und Zielabgleich	145
5.2	Kritische Reflexion und Ausblick auf zukünftige Forschung	148
A	Appendix	150
A.1	AMR-Initiativen und Kooperationen	151
A.2	Ergänzungen zum Antibiotika-Fördermodell	152
A.3	Ergänzendes Material zur experimentellen Untersuchung	154
A.3.1	Instruktionen Investitionsspiel	155
A.3.2	Initialer Verständnistest	159
A.3.3	Instruktionen Kooperationsspiel	160
A.3.4	Verständnistest zum Kooperationsspiel	166
A.3.5	Abschließende Umfrage	167
A.4	Ergänzungen zur statistischen Auswertung	171

A.4.1	Weitere Regressionstabellen zum Investitionsverhalten	173
A.4.2	Weitere Paarweise Kontraste zum Investitionsverhalten	179
A.4.3	Weitere Regressionstabellen zum Kooperationsverhalten	182
A.4.4	Weitere Paarweise Kontraste zum Kooperationsverhalten	184
Literaturverzeichnis		186

Detalliertes Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	X
Abkürzungsverzeichnis	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Hintergrund und Motivation	1
1.2 Zielsetzung und Methodik	4
1.3 Aufbau der Arbeit	6
2 Theoretische Grundlagen und Stand der Forschung	8
2.1 Der Antibiotikamarkt im Überblick	8
2.1.1 Resistenzentwicklung, Forschungsstagnation und Marktstruktur	9
2.1.1.1 Antibiotikaresistenzen und die Folgen	10
2.1.1.2 Entwicklung und Stagnation in der Antibiotikaforschung	15
2.1.1.3 Marktvolumen und wirtschaftliche Bedeutung	17
2.1.2 Wertschöpfungsprozess und Marktmechanismen	18
2.1.2.1 Empirische Grundlagen zu Kosten, Dauer und Risiken der Wertschöpfung	20
2.1.2.2 Preisbildung und Patentschutz	23
2.1.3 Marktakteure und deren Rollen	25
2.1.3.1 Kleine und mittlere Unternehmen (KMU)	25
2.1.3.2 Große Unternehmen (Big Pharma)	26
2.2 Ursachen und Implikationen des Marktversagens	29
2.2.1 Marktversagen und Allokationspolitik aus wohlfahrtsökonomischer Sicht	29
2.2.2 Theoretische Herleitung des Versagens im Antibiotikamarkt	30
2.2.3 Mechanismus-Design-Theorie	33
2.2.4 Push- und Pull-Mechanismen	36
2.2.5 Entwicklung und Bilanz implementierter Anreizmechanismen	39
2.3 Bestehende Forschungsansätze und Ableitung der Forschungsfrage	42

2.3.1	Empirisch-basierte Befragungs- und Erhebungsansätze	42
2.3.2	Normativ-rationale Modellierungsansätze	44
2.3.3	Identifizierung der Forschungslücke und Formulierung der Forschungsfrage	47
3	Entwicklung des Antibiotika-Fördermodells und Konzeptionierung der experimentellen Untersuchung	51
3.1	Konzeption des Antibiotika-Fördermodells	51
3.1.1	Grundlegende Anforderungen und Rahmenbedingungen	51
3.1.2	Das ENPV-Modell als Modellbasis	53
3.1.3	Erweiterung des ENPV-Modells	55
3.1.4	Auswahl und Charakterisierung der zu untersuchenden Anreizdesigns .	60
3.2	Design und Operationalisierung der experimentellen Untersuchung	67
3.2.1	Anforderungen und Rahmenbedingungen	68
3.2.1.1	Inhaltliche Anforderungen	68
3.2.1.2	Methodische Anforderungen	70
3.2.2	Entwicklung des Experimentaldesigns	72
3.2.2.1	Investitionsspiel	73
3.2.2.2	Kooperationsspiel	76
3.2.2.3	Weitere Designelemente	81
3.2.3	Implementierung der Experimentalplattform und Durchführung der Datenerhebung	84
3.2.3.1	Realisierung der Experimentalplattform	85
3.2.3.2	Durchführung der Datenerhebung	86
3.2.4	Herleitung der Forschungsthesen und -hypothesen	91
3.2.4.1	Entwicklung der Hypothesen zum Investitionsverhalten . . .	92
3.2.4.2	Entwicklung der Hypothesen zum Kooperationsverhalten . .	99
4	Auswertung und Diskussion der Ergebnisse	103
4.1	Deskriptive Analyse	104
4.1.1	Deskriptive Analyse der Ergebnisse des Investitionsspiels	104
4.1.2	Deskriptive Analyse der Ergebnisse des Kooperationsspiels	106
4.2	Statistische Hypothesenüberprüfung	110
4.2.1	Überblick und Charakteristik der vorliegenden Datenstruktur	111
4.2.2	Auswahl geeigneter statistischer Verfahren	112
4.2.3	Definition und Beschreibung der untersuchten Variablen	116
4.2.4	Statistische Hypothesenüberprüfung von Investitionen	118

4.2.5	Statistische Hypothesenüberprüfung von Kooperationen	128
4.3	Interpretation der Ergebnisse	132
4.4	Diskussion der Ergebnisse	135
4.5	Experteninterviews und Ergebnisse für das Anreizdesign	138
5	Abschließende Überlegungen und Ausblick	145
5.1	Zusammenfassung der zentralen Erkenntnisse und Zielabgleich	145
5.2	Kritische Reflexion und Ausblick auf zukünftige Forschung	148
A	Appendix	150
A.1	AMR-Initiativen und Kooperationen	151
A.2	Ergänzungen zum Antibiotika-Fördermodell	152
A.3	Ergänzendes Material zur experimentellen Untersuchung	154
A.3.1	Instruktionen Investitionsspiel	155
A.3.2	Initialer Verständnistest	159
A.3.3	Instruktionen Kooperationsspiel	160
A.3.4	Verständnistest zum Kooperationsspiel	166
A.3.5	Abschließende Umfrage	167
A.4	Ergänzungen zur statistischen Auswertung	171
A.4.1	Weitere Regressionstabellen zum Investitionsverhalten	173
A.4.2	Weitere Paarweise Kontraste zum Investitionsverhalten	179
A.4.3	Weitere Regressionstabellen zum Kooperationsverhalten	182
A.4.4	Weitere Paarweise Kontraste zum Kooperationsverhalten	184
	Literaturverzeichnis	186

Abbildungsverzeichnis

2.1	Zeitlicher Verlauf von Entdeckung, Markteinführung und Resistenzentwicklung ausgewählter Antibiotika	10
2.2	Lösungskomponenten zur nachhaltigen Bekämpfung von Antibiotikaresistenzen . .	13
2.3	Forschende Unternehmen und FDA-Zulassungen von Antibiotika zwischen 1983 und 2020	16
2.4	Umsatzstärkste verschreibungspflichtige Arzneimittel weltweit und durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (CAGR) 2019–2024	17
2.5	Wertschöpfungsprozess eines Antibiotikums	18
3.1	Wertschöpfungsprozess im Antibiotika-Fördermodell	56
3.2	Schematischer Entscheidungsbaum des Antibiotika-Entwicklungsprozesses	73
3.3	Entscheidungsbaum im Investitionsspiel	74
3.4	Entscheidungsbaum eines KMUs im Kooperationsspiel	77
3.5	Entscheidungsbaum eines Big Pharma-Akteurs im Kooperationsspiel	79
3.6	Ablauf des Experiments	83
3.7	Darstellung des Anreizdesigns und der Entscheidungssituation am Beispiel: Investitionsspiel, KMU, Anreizdesign Meilensteinprämien	85
3.8	Darstellung der Verhandlungsoberfläche am Beispiel: Kooperationsspiel, KMU, Anreizdesign Meilensteinprämien	86
3.9	Ablauf einer Experimentssession	88
3.10	Vergleich der Auszahlungsprofile des FF-, MS-, und MP-Designs (KMU-Ansicht) .	93
3.11	Vergleich der Anreizzahlungen des FF-, MS-, und MP-Designs	95
4.1	Investitionsraten im Investitionsspiel	105
4.2	Investitionsraten im Kooperationsspiel	107
4.3	Verteilung der potenziellen Marktzugänge im Kooperationsspiel	108
4.4	Paarweise Kontraste der Anreizdesigns bei begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Investitionsspiel	121
4.5	Paarweise Kontraste der Anreizdesigns bei begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Kooperationsspiel	126
4.6	Paarweise Kontraste der Patenttransfers im Kooperationsspiel	130

4.7 Konsolidierte Übersicht der Ergebnisse zum Investitions- und Kooperationsverhalten im Kooperationspiel 134

Tabellenverzeichnis

2.1	Entwicklungsdauern der Wertschöpfungsphasen im Antibiotikamarkt	21
2.2	Kostenschätzungen für die Wertschöpfungsphasen im Antibiotikamarkt	22
2.3	Erfolgswahrscheinlichkeiten der Wertschöpfungsphasen im Antibiotikamarkt	23
2.4	Darstellung der risikoadjustierten Nettobarwerte (ENPV) verschiedener Therapie- klassen	27
2.5	Zentrale Push- und Pull-Mechanismen	37
3.1	Inputparameter zur Parametrisierung des Optimierungsmodells	61
3.2	Übersicht der identifizierten Anreizdesigns	65
3.3	Auszahlungen der Endpunkte je Anreizdesign im Investitionsspiel	75
3.4	Auszahlungen der Endpunkte im Kooperationsspiel für ein KMU	78
3.5	Auszahlungen der Endpunkte im Kooperationsspiel für Big Pharma	80
3.6	Übersicht der Treatmentabfolgen im Latin-Square-Design	89
3.7	Übersicht der Stichprobe	90
3.8	Übersicht der Thesen und Hypothesen	103
4.1	Verhandlungsergebnisse im Kooperationsspiel	109
4.2	Verwendete Variablen in den Regressionsmodellen	117
4.3	Regressionstabelle zur Analyse der begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Inves- titionsspiel	119
4.4	Paarweise Kontraste der Anreizdesigns bei begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Investitionsspiel	120
4.5	Regressionstabelle zur Analyse der begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Inves- titionsspiel mittels CoM	122
4.6	Regressionstabelle zur Analyse der begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Inves- titionsspiel mittels HHI	123
4.7	Regressionstabelle zur Analyse der begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Ko- operationsspiel	125
4.8	Regressionstabelle zur Analyse der begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Ko- operationsspiel mittels CoM	127
4.9	Regressionstabelle zur Analyse der Patenttransfers im Kooperationsspiel	129
4.10	Regressionstabelle zur Analyse der Patenttransfers im Kooperationsspiel mittels HHI	131

4.11 Ergebnisse der Hypothesenüberprüfung	132
4.12 Übersicht der Interviewinstitutionen und Rollen	141
A.1 Übersicht ausgewählter Kooperationen in der Antibiotikaentwicklung	151
A.2 Übersicht ausgewählter AMR-Initiativen	152
A.3 Umsatzmodellierung im Antibiotika-Fördermodell	153
A.4 Detaillierte Analyse der untersuchten Anreizdesigns	154
A.5 Spearman-Korrelationsmatrix der Kontrollvariablen	171
A.6 Kollinearitätstest der Kontrollvariablen	172
A.7 Center of Mass und Herfindahl-Hirschman-Index je Anreizdesign	172
A.8 Regressionstabelle zur Analyse der Investitionen von KMUs im Investitionsspiel . .	173
A.9 Regressionstabelle zur Analyse der Investitionen von Big Pharma im Investitionsspiel	174
A.10 Regressionstabelle zur Analyse der begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Investitionsspiel – CoM und HHI im Vergleich	175
A.11 Regressionstabelle zur Analyse der Investitionen von KMUs im Kooperationsspiel .	176
A.12 Regressionstabelle zur Analyse der Make-Strategie von Big Pharma im Kooperationsspiel	177
A.13 Regressionstabelle zur Analyse der begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Kooperationsspiel mittels HHI	178
A.14 Paarweise Kontraste der Anreizdesigns bei begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Investitionsspiel	179
A.15 Paarweise Kontraste der Anreizdesigns bei KMU-Investitionen im Investitionsspiel	179
A.16 Paarweise Kontraste der Anreizdesigns bei Big Pharma-Investitionen im Investitionsspiel	180
A.17 Paarweise Kontraste der Anreizdesigns bei begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Kooperationsspiel	180
A.18 Paarweise Kontraste der Anreizdesigns bei KMU-Investitionen im Kooperationsspiel	181
A.19 Paarweise Kontraste der Anreizdesigns bei Big Pharma Make-Strategie im Kooperationsspiel	181
A.20 Regressionstabelle zur Analyse der Buy-Strategie von Big Pharma im Kooperationsspiel	182
A.21 Regressionstabelle zur Analyse der Patenttransfers im Kooperationsspiel (KMU-Regression)	183
A.22 Paarweise Kontraste der Anreizdesigns bei Big Pharma Buy-Strategie im Kooperationsspiel	184
A.23 Paarweise Kontraste der Anreizdesigns bei Patenttransfers im Kooperationsspiel (KMU-Regression)	184

A.24 Paarweise Kontraste der Anreizdesigns bei Patenttransfers im Kooperationspiel
(Big Pharma-Regression) 185

Abkürzungsverzeichnis

AMNOG	Arzneimittelmarktneuordnungsgesetz
AMR	Antimikrobielle Resistenz
BPPL	Bacterial Priority Pathogens List
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CoM	Center of Mass
EMA	European Medicines Agency
ENPV	Expected Net Present Value
FDA	U.S. Food and Drug Administration
FE	Fixed Effects
GLMM	Generalized Linear Mixed Model
HHI	Herfindahl-Hirschman-Index
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LOMA	Likelihood of Market Approval
NPV	Net Present Value
RE	Random Effects
USD	US-Dollar
VC	Venture Capital
VIF	Varianzinflationsfaktor
WACC	Weighted Average Cost of Capital
WHO	Weltgesundheitsorganisation

1 Einleitung

„Stille Pandemie.“

Antibiotika bilden seit über acht Jahrzehnten eine zentrale Säule der modernen Medizin. Sie haben nicht nur die Behandlung bakterieller Infektionen revolutioniert und dadurch Millionen von Menschenleben gerettet, sondern auch komplexe chirurgische Eingriffe sowie zahlreiche medizinische Routineverfahren erst ermöglicht und somit maßgeblich zur Entwicklung der gegenwärtigen Gesundheitsversorgung beigetragen. Diese Erfolgsgeschichte ist jedoch zunehmend gefährdet. Pathogene Bakterien entwickeln durch adaptive Mutationsprozesse kontinuierlich Resistenzen gegenüber den verfügbaren Wirkstoffen, wobei der unsachgemäße und übermäßige Einsatz von Antibiotika diese Entwicklung zusätzlich beschleunigt. Zugleich ist die wissenschaftliche und kommerzielle Kapazität zur Entwicklung neuer antimikrobieller Wirkstoffe in den vergangenen Dekaden erheblich zurückgegangen. Die Kombination aus beschleunigter Resistenzentwicklung und stagnierender Innovation mündet in eine globale Gesundheitskrise, die zwar weniger sichtbar verläuft als akute Pandemien, deren langfristige Auswirkungen auf Mortalität, Morbidität und gesellschaftliche Wohlfahrt jedoch nicht minder gravierend sind. Vor diesem Hintergrund hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) antimikrobielle Resistenzen als „stille Pandemie“ des 21. Jahrhunderts charakterisiert (vgl. World Health Organization, 2022b).

1.1 Hintergrund und Motivation

Die Dimensionen der Antibiotika-Krise sind bereits heute gravierend. Im Jahr 2019 waren schätzungsweise 4,95 Millionen Todesfälle mit antimikrobieller Resistenz assoziiert, wovon 1,27 Millionen direkt auf resistente Erreger zurückzuführen waren (World Health Organization, 2024b). Prognosen legen nahe, dass sich die Mortalitätszahlen bei Fortbestehen der gegenwärtigen Trends bis zum Jahr 2050 auf jährlich 8,22 Millionen Todesfälle erhöhen könnten (vgl. Naghavi et al., 2024). Neben den humanitären Kosten sind auch die wirtschaftlichen Auswirkungen erheblich. Die Weltbank prognostiziert, dass durch Antimikrobielle Resistenz (AMR) verursachte wirtschaftliche Schäden weltweit zu einem massiven Rückgang des Bruttoinlandsprodukts führen werden, wobei selbst unter optimistischen Annahmen ab 2030 mit jährlichen Verlusten von mindestens 1,1 Billionen US-Dollar zu rechnen ist (vgl. Jonas &

Irwin, 2017). Vor diesem Hintergrund stuft die WHO Antibiotikaresistenzen als eine der zentralen gesundheitspolitischen Herausforderungen der kommenden Jahrzehnte ein und warnt vor einer „post-antibiotischen Ära“, in der selbst einfache bakterielle Infektionen wieder tödlich verlaufen könnten (Reardon, 2014).

Eine zentrale Ursache dieser Entwicklung ist die anhaltende Stagnation der Antibiotikaforschung. Während zwischen 1940 und 1962 noch 20 neue Antibiotikaklassen entwickelt wurden, sind seit 1987 lediglich zwei völlig neue Klassen hinzugekommen (Ferri et al., 2017). Die gegenwärtige Phase wird daher als *Antibiotic Discovery Void* bezeichnet und ist durch einen sukzessiven Rückzug großer Pharmaunternehmen aus der Antibiotikaentwicklung gekennzeichnet (vgl. Mossialos et al., 2010; Plackett, 2020).

Die Ursachen dieses Forschungsrückgangs sind eng mit den strukturellen Defiziten des Antibiotikamarktes verbunden, der fundamentale Unterschiede zu anderen Therapiebereichen aufweist. Während Märkte für Onkologika oder Diabetesmedikamente durch kontinuierliche Innovation, umfangreiche Patientenpopulationen und hohe Gewinnmargen gekennzeichnet sind, zeichnet sich der Antibiotikamarkt durch mehrere investitionshemmende Charakteristika aus, darunter ein hoher Generikaanteil, kurze Behandlungsdauern sowie hohe Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen. Hinzu kommt, dass Antibiotika im Unterschied zu anderen Medikamentenklassen die einzigartige Eigenschaft aufweisen, dass ihre therapeutische Wirksamkeit durch den Gebrauch selbst abnimmt, da jede Anwendung zur Selektion resistenter Erreger beiträgt. Diese Eigenschaft führt dazu, dass innovative resistenzüberwindende Antibiotika bewusst einem restriktiven Einsatzregime unterliegen. Neue Wirkstoffe werden gezielt als Reserve-Antibiotika klassifiziert und zurückhaltend verschrieben, um die Resistenzentwicklung zu verlangsamen und ihre langfristige therapeutische Verfügbarkeit zu sichern. Diese Maßnahmen sind aus Public-Health-Perspektive zwar zwingend erforderlich, verringern jedoch das erzielbare Absatzvolumen erheblich und schwächen dadurch die privatwirtschaftlichen Investitionsanreize zur Entwicklung neuer antimikrobieller Wirkstoffe. Selbst nach erfolgreicher Zulassung und Markteintritt erweisen sich Herstellung und Vertrieb für viele Unternehmen als nicht kostendeckend, was große Pharmaunternehmen zur Einstellung ihrer Antibiotikaprogramme und kleinere Akteure mitunter in die Insolvenz zwingt (vgl. McKenna, 2020).

Aus ökonomischer Perspektive resultieren diese Faktoren in einem Marktversagen, bei dem sowohl auf der Produktions- als auch auf der Konsumseite externe Effekte auftreten. Auf der Konsumseite trägt jede individuelle Nutzung eines Antibiotikums zur Entwicklung von Resistenzen bei und reduziert damit die zukünftige Wirksamkeit für alle Nutzerinnen und Nutzer, sodass der private Nutzen der Behandlung zwar vollständig beim Individuum anfällt, die gesellschaftlichen Kosten der Resistenzentwicklung jedoch auf die Allgemeinheit externalisiert werden. Auf der Produktionsseite übersteigt der gesellschaftliche Nutzen neuer Antibiotika die privaten Renditeerwartungen forschender Unternehmen deutlich. Stewardship-Programme und

der Reservestatus innovativer Antibiotika führen zu einer inversen Beziehung zwischen gesellschaftlichem und privatwirtschaftlichem Wert, indem die zurückhaltende Verschreibungspraxis die kommerziellen Ertragsaussichten gerade jener Antibiotika mindert, deren medizinischer Nutzen am höchsten ist. Die beschriebenen Mechanismen führen dazu, dass die gesellschaftlichen Grenzkosten der Resistenzentwicklung die privaten Grenzkosten übersteigen, während gleichzeitig der gesellschaftliche Grenznutzen neuer Antibiotika den privatwirtschaftlich erzielbaren Grenzertrag deutlich übertrifft – der Markt versagt.

Die Behebung dieses Marktversagens ist gegenwärtig mit hoher Priorität auf der politischen Agenda verankert. Im Rahmen der UN-Generalversammlung 2024 verpflichteten sich die Mitgliedsstaaten, die globalen Todesfälle durch AMR bis 2030 um mindestens zehn Prozent zu reduzieren (vgl. UN Environment Programme, 2024). Auf europäischer Ebene befindet sich eine umfassende Reform der EU-Pharmagesetzgebung in Vorbereitung, deren erklärter Schwerpunkt unter anderem auf der Etablierung neuer Anreizmechanismen zur Steigerung der Investitionsattraktivität in der Antibiotikaforschung liegt (vgl. Gamba et al., 2025). Auf nationaler Ebene haben einzelne Mitgliedsstaaten wie Deutschland eigenständige Antibiotikaresistenzstrategien verabschiedet (vgl. Bundesministerium für Gesundheit, 2023).

Als Reaktion auf die beschriebenen Probleme haben internationale Organisationen, Regierungen und wissenschaftliche Einrichtungen in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von Anreizmechanismen für forschende Unternehmen vorgeschlagen und teilweise implementiert. Diese lassen sich in sogenannte Push- und Pull-Mechanismen untergliedern. Push-Mechanismen zielen darauf ab, die Kosten der Forschung und Entwicklung zu senken, indem finanzielle Mittel direkt in frühe Phasen der Wirkstoffentwicklung fließen. Pull-Mechanismen setzen hingegen Anreize am Ende des Entwicklungsprozesses, indem sie erfolgreiche Markteinführungen belohnen. Die bislang implementierten Maßnahmen führten jedoch lediglich dazu, dass einige kleine und mittlere Unternehmen (KMU) in die Antibiotikaforschung eingetreten sind. Diese verfügen zwar über wissenschaftliche Expertise und Innovationskraft, sind jedoch mit erheblichen finanziellen Restriktionen konfrontiert und besitzen häufig weder die regulatorische Erfahrung noch die globalen Vertriebsstrukturen, die für die Zulassung, Markteinführung und weltweite Bereitstellung neuer Antibiotika erforderlich sind. Sie sind daher zumeist auf Kooperationen mit großen Pharmaunternehmen angewiesen, die bislang jedoch kein ausreichendes Interesse an einer Rückkehr in den Antibiotikamarkt zeigen. Zudem ist selbst die Anzahl an KMUs mit aktiver Antibiotikaforschung bei weitem nicht ausreichend, um die bestehende Innovationslücke zu schließen. Trotz der Vielfalt vorgeschlagener und implementierter Anreizmechanismen bleibt die zentrale Frage weitgehend unbeantwortet, welche Anreizstrukturen und -kombinationen geeignet sind, die Investitionsentscheidungen der Marktakteure nachhaltig zu beeinflussen und zugleich eine effiziente, arbeitsteilige Wertschöpfungsarchitektur zwischen kleinen, innovativen Unternehmen und großen, global agierenden Pharmaunternehmen zu fördern.

Die bisherige Forschung zu Anreizsystemen im Antibiotikamarkt stützt sich neben empirisch-basierten Befragungs- und Erhebungsansätzen überwiegend auf modelltheoretische Ansätze, die Anreizmechanismen mittels mathematischer Entscheidungsmodelle analysieren. Diese Modelle kalkulieren, wie hoch Anreize bemessen sein müssen, um den Expected Net Present Value (ENPV) aus Sicht von Unternehmen über kritische Investitionsschwellen zu heben. Führende Studien wie Ciabuschi et al. (2020), Okhravi et al. (2018), Sertkaya et al. (2014) und Towse et al. (2017) zeigten damit die rechnerische Optimalität von Anreizstrukturen und demonstrierten, unter welchen Bedingungen verschiedene Ausgestaltungen von Push- und Pull-Mechanismen aus theoretischer Perspektive wirksam sein sollten. Allerdings basieren diese Modelle typischerweise auf der Annahme streng rationaler, risikoneutraler Akteure, die Projekte exakt dann beginnen oder fortsetzen, wenn der ENPV eine vorgegebene Schwelle überschreitet. Zudem fokussieren sie sich primär auf die absolute Höhe von Anreizzahlungen, während die Wirkung ENPV-neutraler Gestaltungsparameter – etwa die zeitliche und strukturelle Verteilung von Anreizen entlang des Wertschöpfungsprozesses oder spezifische Mechanismuskombinationen – bislang wenig systematisch untersucht wurde. Empirische Evidenz darüber, wie reale Entscheidungsträger¹ unter Unsicherheit auf unterschiedliche Anreizstrukturen tatsächlich reagieren, welche Strukturen Investitionen und Kooperationen zwischen KMUs und Big Pharma effektiv auslösen und welche Mechanismen in der praktischen Umsetzung auf Akzeptanz stoßen, fehlt. Das Schließen dieser Lücke zwischen modelltheoretischer Anreizoptimierung und empirischer Verhaltensrelevanz stellt das zentrale Anliegen dieser Arbeit dar.

1.2 Zielsetzung und Methodik

Die vorliegende Arbeit adressiert die beschriebene Forschungslücke, indem sie untersucht, wie die Ausgestaltung unterschiedlicher Anreizmechanismen das Investitions- und Kooperationsverhalten von KMUs und großen Pharmaunternehmen im Antibiotikamarkt beeinflusst. Im Zentrum steht dabei weniger die Frage nach der absoluten Höhe von Anreizzahlungen, sondern vielmehr die Wirkung zeitlicher und struktureller Verteilungen von Anreizen entlang des Wertschöpfungsprozesses sowie spezifischer Mechanismuskombinationen. Die Arbeit geht dabei von der Prämisse aus, dass die zeitliche Staffelung von Anreizzahlungen eine wesentliche Determinante für die Attraktivität und Wirksamkeit von Anreizstrukturen darstellt. Sie zielt damit darauf ab, jene Mechanismen und Mechanismuskombinationen zu identifizieren, die im Sinne der Mechanismus-Design-Theorie eine anreizkompatible, effektive wie auch effiziente Allokation von Ressourcen schaffen und das bestehende Marktversagen überwinden.

¹ Die vorliegende Arbeit verwendet bevorzugt geschlechtsneutrale Formulierungen. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird jedoch teilweise das generische Maskulinum verwendet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage verfolgt die Arbeit einen methodisch triangulativen Ansatz, der theoretische Modellierung, verhaltensökonomische Experimente und qualitative Stakeholder-Analysen miteinander verbindet. Dieser mehrstufige Zugang ermöglicht es, die rechnerische Optimalität von Anreizstrukturen mit ihrer tatsächlichen Verhaltenswirksamkeit und institutionellen Umsetzbarkeit systematisch abzugleichen.

Im ersten Schritt wird die in der Literatur etablierte Methode der ENPV-Modellierung genutzt, um eine analytisch konsistente Darstellung des Antibiotika-Wertschöpfungsprozesses und der damit verbundenen Entscheidungssituation zu entwickeln. Auf dieser Basis werden fünf konkrete Anreizdesigns endogen bestimmt, die unter Einhaltung realistischer Nebenbedingungen optimale Lösungen darstellen. Diese theoretisch fundierte Modellierung erlaubt den Anschluss an die bisherige Literatur und dient als konzeptionelle Grundlage für die nachgelagerten empirischen Methodikschritte.

Im zweiten Schritt werden die aus dem Modell abgeleiteten Anreizdesigns in eine experimentelle Situation mit realen Entscheidungsträgern überführt. In einem strukturierten Laborexperiment werden Probanden in simulierten Unternehmensrollen mit den verschiedenen Anreizdesigns konfrontiert und treffen Entscheidungen über Investitionen sowie über mögliche Kooperationen. Dieser verhaltensökonomische Zugang erlaubt es zu erfassen, wie Entscheidungsträger unter Unsicherheit auf unterschiedliche Anreizstrukturen reagieren, welche kognitiven Verzerrungen und Risikowahrnehmungen dabei wirksam werden und welche Designs tatsächlich investitions- und kooperationsfördernd wirken.

Im dritten Schritt werden die Ergebnisse der Modellierung und des Experiments in den Dialog mit zentralen Akteuren des Antibiotika-Ökosystems gebracht. Hierzu wurden Einzel- und Gruppeninterviews mit Vertreterinnen und Vertretern aus forschender Pharmaindustrie, Branchenverbänden, Zulassungsbehörden, Ministerien, internationalen Initiativen sowie wissenschaftlichen Fachgesellschaften als fokussierte Expertendiskurse durchgeführt. Dieser Ansatz ermöglicht den Zugang zu jenem privilegierten institutionellen Erfahrungswissen, das weder aus Dokumenten noch aus Laborbeobachtungen erschlossen werden kann und das für die Beurteilung politischer Machbarkeitshorizonte unentbehrlich ist. Die Experteninterviews erfüllen dabei eine doppelte Funktion: Sie dienen einerseits der externen Validierung der experimentellen Befunde und andererseits der kontextuellen Einbettung in reale institutionelle Rahmenbedingungen, indem praktische Umsetzungshürden erfasst und politische Akzeptanzbedingungen identifiziert werden. Diese qualitative Validierungsstufe verleiht den aus Modell und Experiment abgeleiteten Erkenntnissen eine Verankerung in der Politikgestaltungspraxis und stellt sicher, dass die entwickelten Handlungsempfehlungen auch institutionell implementierbar sind.

Die Arbeit verbindet damit normativ-theoretische Modellierung mit verhaltensökonomischer Evidenz und liefert, im Unterschied zu den überwiegend modelltheoretisch geprägten Ansätzen

der bisherigen Forschung, experimentelle Antworten auf die Frage, welche Anreizdesigns verhaltensökonomisch wirksam sind. Angesichts der globalen Dringlichkeit der AMR-Problematik und der begrenzten finanziellen und politischen Ressourcen für Anreizmechanismen ist ein evidenzbasiertes Verständnis der Wirksamkeit unterschiedlicher Förderdesigns von hoher gesellschaftlicher und gesundheitspolitischer Relevanz. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse lassen sich konkrete Handlungsempfehlungen für politische Entscheidungsträger auf nationaler und internationaler Ebene entwickeln, die zur Gestaltung effektiver und effizienter Anreizsysteme im Antibiotikamarkt beitragen können.

1.3 Aufbau der Arbeit

Nachdem im ersten Teil dieser Arbeit die Motivation, Zielsetzung sowie Methodik beschrieben wurden, erläutert Teil 2 die theoretischen Grundlagen und den Stand der Forschung. Ausgangspunkt ist eine umfassende Analyse des Antibiotikamarktes, einschließlich Resistenzentwicklung, Forschungsstagnation, Marktvolumen und Wertschöpfungsprozess sowie der zentralen Marktakteure. Daran anschließend werden Ursachen und Implikationen des Marktversagens aus wohlfahrtsökonomischer Perspektive hergeleitet, die Mechanismus-Design-Theorie als konzeptioneller Rahmen eingeführt und zentrale Push- und Pull-Mechanismen im Antibiotikamarkt charakterisiert. Abschließend werden bestehende empirische und modelltheoretische Forschungsansätze aufgearbeitet, die Forschungslücke herausgearbeitet und die Forschungsfrage der Arbeit abgeleitet.

Teil 3 widmet sich der Entwicklung des Antibiotika-Fördermodells und der Konzeptionierung der experimentellen Untersuchung. Zunächst werden die grundlegenden Anforderungen und Rahmenbedingungen an das Modell formuliert und das ENPV-Modell als theoretische Basis eingeführt. Darauf aufbauend wird das Modell zu einem Antibiotika-Fördermodell erweitert, das die spezifischen Charakteristika des Antibiotikamarktes abbildet und die endogene Identifikation verschiedener Anreizdesigns ermöglicht. In der zweiten Hälfte dieses Teils wird das Design des verhaltensökonomischen Laborexperiments entwickelt, einschließlich der Implementierung der Experimentalplattform und der Operationalisierung der Datenerhebung sowie der Herleitung der Forschungsthesen und Hypothesen.

Teil 4 präsentiert die Auswertung und Diskussion der Ergebnisse. Nach einer deskriptiven Analyse des Investitions- und Kooperationsverhaltens im Experiment werden die Hypothesen mithilfe geeigneter statistischer Verfahren überprüft. Anschließend werden die empirischen Befunde interpretiert, im Lichte der theoretischen Erwartungen und der bestehenden Literatur diskutiert und zu konsistenten Ergebnismustern verdichtet. Darauf aufbauend werden die Erkenntnisse der Stakeholder-Interviews beleuchtet und politische Implikationen im Hinblick auf die Ausgestaltung effektiver und effizienter Anreizsysteme im Antibiotikamarkt abgeleitet.

Teil 5 schließt die Arbeit mit abschließenden Überlegungen und einem Ausblick. Die zentralen Erkenntnisse werden zusammengefasst und in Beziehung zu der eingangs formulierten Forschungsfrage und den Bewertungskriterien gesetzt. Darüber hinaus werden die Limitationen der Arbeit reflektiert und Ansatzpunkte für zukünftige Forschung aufgezeigt, insbesondere im Hinblick auf weiterführende Modellierungen, ergänzende empirische Untersuchungen und die praktische Weiterentwicklung von Politikmaßnahmen im Bereich der Antibiotikaförderung.

2 Theoretische Grundlagen und Stand der Forschung

Dieser Teil der Arbeit behandelt die für das Problemverständnis und die methodische Herangehensweise zentralen Grundlagen. Ziel ist es, ein umfassendes Verständnis der strukturellen Problematiken des Antibiotikamarktes zu entwickeln und bestehende Ansätze zur Überwindung des Marktversagens kritisch einzuordnen, um die ökonomischen Ursachen unzureichender Antibiotikainnovation zu beleuchten. Auf dieser Basis soll ein vertieftes Verständnis der daraus resultierenden Forschungslücke und der abgeleiteten Forschungsfrage geschaffen werden, das für die Konzeptionierung des experimentellen Ansatzes erforderlich ist. Kapitel 2.1 bietet zunächst eine Einführung in den Antibiotikamarkt, einschließlich grundlegender Ausführungen zu Antibiotikaresistenzen, dem idealtypischen Wertschöpfungsprozess sowie den zentralen Marktakteuren. Im anschließenden Kapitel 2.2 liegt der Fokus auf dem Marktversagen und auf der Mechanismus-Design-Theorie als theoretischem Rahmen zur Entwicklung geeigneter Anreizmechanismen. Abschließend werden in Kapitel 2.3 die bisherigen Forschungsansätze systematisch aufgearbeitet und die resultierende Forschungslücke sowie die konkrete Forschungsfrage herausgearbeitet.

2.1 Der Antibiotikamarkt im Überblick

Dieses Kapitel widmet sich der Analyse der zentralen Marktcharakteristika und strukturellen Besonderheiten des Antibiotikamarktes. Ziel ist es, die ökonomischen und wissenschaftlichen Rahmenbedingungen zu erfassen, die das Marktgeschehen prägen und die Entwicklung neuer Wirkstoffe maßgeblich beeinflussen. Den Ausgangspunkt bildet in Abschnitt 2.1.1 die Problemstellung der zunehmenden Resistenzentwicklung und deren weitreichende Folgen für die öffentliche Gesundheit und die gesellschaftliche Wohlfahrt. Dabei werden die anhaltende Forschungsstagnation sowie das Marktvolumen und die wirtschaftliche Bedeutung antibakterieller Wirkstoffe im Kontext der globalen Pharmabranche diskutiert. Abschnitt 2.1.2 beleuchtet den idealtypischen Wertschöpfungsprozess und die zentralen Marktmechanismen entlang der Entwicklungskette und der Vermarktung von Antibiotika. Daran anschließend werden in Abschnitt 2.1.3 die relevanten Akteursgruppen vorgestellt, um die institutionellen und strategischen Strukturen des Antibiotikamarktes zu veranschaulichen.

2.1.1 Resistenzentwicklung, Forschungsstagnation und Marktstruktur

Antibiotika markieren einen Meilenstein der modernen Medizin und haben das therapeutische Spektrum grundlegend erweitert. Vor der Entdeckung des Penicillins durch Alexander Fleming im Jahr 1928 verliefen bakterielle Infektionen des Weichgewebes, wie beispielsweise Zellulitis oder Erysipele, häufig tödlich und stellten eine medizinisch kaum kontrollierbare Bedrohung dar (vgl. Shlaes & Bradford, 2018). Erst mit der Einführung von Antibiotika eröffnete sich die Möglichkeit, solche Erkrankungen wirksam zu behandeln und die Prognose zahlreicher Patientinnen und Patienten entscheidend zu verbessern.

Die Klassifikation von Antibiotika erfolgt anhand ihrer chemischen Struktur. Jede Klasse, auch als Familie bezeichnet, umfasst eng verwandte Moleküle, die typischerweise über ein gemeinsames Wirkziel verfügen. Ein weiteres zentrales Differenzierungsmerkmal resultiert aus dem jeweiligen Wirkspektrum: **Breitspektrum-Antibiotika** kommen zum Einsatz, wenn eine Vielzahl potenzieller Erreger in Betracht kommt oder diagnostische Methoden zur kurzfristigen Erregeridentifikation limitiert sind. Insbesondere in akuten oder schwerwiegenden Fällen, in denen eine unmittelbare Behandlung erforderlich ist, sind sie häufig unverzichtbar. Demgegenüber stehen **Schmalspektrum-Antibiotika**, die sich gezielt gegen bestimmte Bakteriengruppen richten und zum Einsatz kommen, wenn der Erreger eindeutig identifiziert wurde. Die Therapie mit Schmalspektrum-Antibiotika weist den Vorteil auf, dass sie das Risiko unerwünschter Nebenwirkungen minimiert und gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit der Resistenzentwicklung senkt. Eine besondere Kategorie bilden **Reserve-Antibiotika**, die speziell für die Behandlung von Infektionen mit resistenten Erregern vorgesehen sind. Sie unterliegen restriktiven Verschreibungsrichtlinien und werden nur eingesetzt, wenn andere Antibiotika aufgrund von Resistenzen nicht mehr wirksam sind. Ihr Einsatz erfolgt möglichst zurückhaltend, um die Entstehung weiterer Resistenzen zu verhindern (siehe Abschnitt 2.1.1.1).

Der Einsatzbereich von Antibiotika ist vielseitig und geht weit über die Humanmedizin hinaus. Neben ihrer Verwendung zur Behandlung zahlreicher bakterieller Erkrankungen, wie Lungenentzündungen, Sepsis, Meningitis, Typhus, Salmonellosen, Harnwegsinfektionen, Durchfallerkrankungen oder Tuberkulose, werden sie im Rahmen chirurgischer Eingriffe routinemäßig zur Prophylaxe eingesetzt (vgl. Teillant et al., 2015). Darüber hinaus finden Antibiotika auch in verschiedenen Hygieneprodukten sowie in der Veterinärmedizin Anwendung. Besonders bedeutsam ist zudem ihr Einsatz in der landwirtschaftlichen Tierhaltung. Dort dient die Antibiotikaverabreichung sowohl der Vorbeugung und Behandlung von Infektionen als auch der umstrittenen Förderung des Tierwachstums.

Im Unterschied zu anderen Medikamentenklassen weisen antimikrobielle Arzneimittel¹ eine fundamentale Besonderheit auf: Ihre Wirksamkeit verringert sich durch den fortlaufenden und

¹ Antimikrobielle Arzneimittel sind Medikamente, die zur Vorbeugung und Behandlung von Infektionen eingesetzt werden, indem sie das Wachstum von Mikroorganismen hemmen oder diese abtöten. Hierzu zählen An-

häufig unsachgemäßen Gebrauch, da Erreger adaptive Resistenzen entwickeln können. Diese problematische Eigenschaft wird im folgenden Abschnitt näher beleuchtet.

2.1.1.1 Antibiotikaresistenzen und die Folgen

Bereits vor der Entdeckung des ersten Antibiotikums war die Existenz resistenter Bakterien bekannt. Entsprechend wurde schon kurz nach der Entdeckung des Penicillins deutlich, dass eine Entwicklung von Resistenzen zwangsläufig eintreten würde. Meist sind diese bereits wenige Jahre nach Markteinführung eines neuen Antibiotikums zu beobachten (vgl. Abbildung 2.1). Resistenzen betreffen in der Regel nicht nur einzelne Moleküle, sondern erfassen ganze Antibiotikafamilien, da die Wirkmechanismen innerhalb einer Familie ähnlich sind und Kreuzresistenzen unterliegen. Daher ist es sinnvoll, den Begriff der Resistenz bevorzugt im Kontext von Antibiotikafamilien zu verstehen (vgl. Courvalin, 2008).

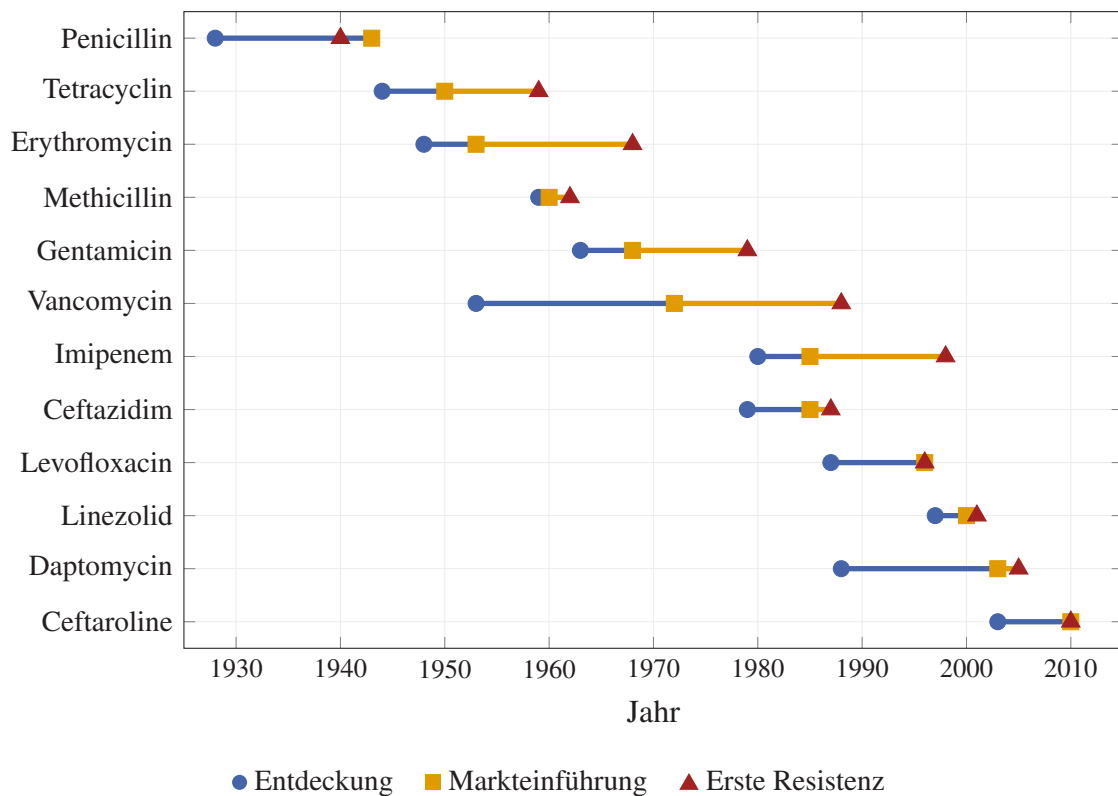


Abbildung 2.1: Zeitlicher Verlauf von Entdeckung, Markteinführung und Resistenzentwicklung ausgewählter Antibiotika (eigene Darstellung nach Kupferschmidt (2016))

Resistenzen entstehen durch evolutionäre genetische Veränderungen in den Erregern, die es Bakterien ermöglichen, die Wirkung antimikrobieller Substanzen zu umgehen (vgl. Laxminarantibiotika (gegen Bakterien), Antimykotika (gegen Pilze), Virostatika (gegen Viren) und Antiparasitika (gegen Parasiten)).

yan et al., 2013). Die Resistenzentwicklung erfolgt dabei entweder durch zufällige genetische Mutationen oder als Folge von Selektionsprozessen nach einer Antibiotikabehandlung, bei der einzelne resistente Keime überleben und sich vermehren. Dieser Selektionsdruck führt dazu, dass ursprünglich seltene resistente Varianten zur dominierenden Population werden. Zahlreiche Studien belegen, dass der unsachgemäße und übermäßige Einsatz von Antibiotika zu einer kontinuierlich zunehmenden Anzahl resistenter Bakterienstämme führt (vgl. Laxminarayan et al., 2013; Martin et al., 2015; O’Neill, 2016, 24 f.).

Ein zentraler Faktor ist hierbei der Einsatz in der Humanmedizin. Schätzungen zufolge sind etwa die Hälfte aller Antibiotikaverschreibungen medizinisch nicht gerechtfertigt (vgl. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, 2013). Diese problematische Überverordnung zeigt sich beispielsweise daran, dass in den USA nahezu 75 % der Erwachsenen mit akuter Bronchitis – einer in den meisten Fällen durch Viren verursachten Erkrankung – ein Antibiotikum verschrieben erhielten, obwohl Antibiotika gegen Viren grundsätzlich wirkungslos sind (vgl. Fauci & Marston, 2014). Des Weiteren werden Antibiotika insbesondere in Ländern, in denen sie nicht verschreibungspflichtig sind und keine einheitlichen Behandlungsstandards existieren, übermäßig eingesetzt. Zusätzlich begünstigen vorzeitige Therapieabbrüche, wenn Patientinnen und Patienten eine Antibiotikabehandlung nicht über die gesamte vorgeschriebene Dauer fortsetzen, das Überleben und die Vermehrung resistenter Bakterienstämme. Diese unvollständige Eliminierung einer Bakterienpopulation schafft optimale Bedingungen für die Selektion resistenter Varianten. Aus diesem Grund stellt die konsequente Einhaltung der verschriebenen Behandlungsdauer einen entscheidenden Baustein für den Erhalt der Wirksamkeit von Antibiotika dar.

Ein weiterer kritischer Faktor ist der massenhafte Einsatz von Antibiotika in der Nutztierhaltung. Häufig werden Antibiotika dem Futter routinemäßig zugesetzt, um Krankheiten vorzubeugen und ein schnelleres Wachstum der Tiere zu fördern. Diese prophylaktische und wachstumsfördernde Anwendung führt dazu, dass große Mengen von Antibiotika an gesunde Tiere verabreicht werden, was den Selektionsdruck für resistente Keime massiv erhöht und deren Ausbreitung beschleunigt (vgl. Martin et al., 2015). Besonders problematisch ist dabei der subtherapeutische Dosisbereich, der über längere Zeiträume aufrechterhalten wird und ideale Bedingungen für die schrittweise Anpassung von Bakterienpopulationen schafft. Aus diesem Grund wurde der Einsatz in der Massentierhaltung in den letzten Jahren zunehmend regulativ eingeschränkt (vgl. European Medicines Agency, 2023b; Center for Veterinary Medicine | FDA, 2024).

Besonders kritisch sind Bakterien, die multiple Resistenzen aufweisen. Entwickeln sie eine Unempfindlichkeit gegenüber mehreren Antibiotikaklassen, spricht man von **multiresistenten Erregern**. Infektionen, die durch solche Erreger ausgelöst werden, lassen sich nur schwer und mitunter gar nicht mehr behandeln (vgl. Jonas & Irwin, 2017). Aufgrund der weltweit zunehmen-

den Entstehung und Verbreitung resistenter Erreger wurde Antibiotikaresistenz von der WHO als eine der zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts und als „*stille Pandemie*“ bezeichnet (vgl. World Health Organization, 2022b). Überproportional betroffen sind Länder mit niedrigem und mittlerem Einkommen, insbesondere in Afrika südlich der Sahara und Südasien (vgl. Murray et al., 2022). Das Ausmaß des Problems hängt neben der Prävalenz von Resistenzen auch von der Häufigkeit kritischer Infektionen, der Laborinfrastruktur und den Diagnosemöglichkeiten (vgl. Murray et al., 2022), der Verfügbarkeit von Antibiotika (vgl. Morgan et al., 2011), deren Qualität (vgl. Holmes et al., 2016) sowie dem Zugang zu sanitären Einrichtungen und Hygiene ab (vgl. Collignon et al., 2018).

Die Dimensionen dieser globalen Gesundheitskrise sind schwerwiegend: Im Jahr 2019 gab es schätzungsweise 4,95 Millionen Todesfälle im Zusammenhang mit antimikrobieller Resistenz (AMR)², darunter 1,27 Millionen Todesfälle, die direkt auf AMR zurückzuführen sind (World Health Organization, 2024b). Laut einer Studie von Naghavi et al. (2024) könnten sich die Todesfälle durch antimikrobielle Resistenzen bis 2050 auf jährlich 8,22 Millionen Menschen erhöhen, wenn keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden – etwa so viele Menschen wie derzeit jährlich an Krebs sterben (vgl. International Agency for Research on Cancer (WHO), o. D.).


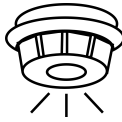
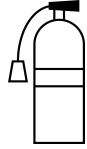
Neben den humanitären Kosten sind auch die wirtschaftlichen Auswirkungen erheblich: Die Weltbank geht davon aus, dass die durch AMR verursachten wirtschaftlichen Schäden weltweit zu einem massiven Rückgang des Bruttoinlandsprodukts führen werden. Selbst unter optimistischen Annahmen ist ab 2030 mit jährlichen Verlusten von mindestens 1,1 Billionen US-Dollar (USD) zu rechnen; im ungünstigsten Szenario könnten sich diese auf 3,4 Billionen USD belaufen. Für die Gesundheitssysteme werden bis zum Jahr 2050 zusätzliche Kosten zwischen 0,4 und 1,2 Billionen USD erwartet (vgl. Jonas & Irwin, 2017).

Als Reaktion auf die zunehmende Bedrohung führt die WHO seit 2017 die Bacterial Priority Pathogens List (BPPL), die antibiotikaresistente Erreger nach Prioritäten kategorisiert und Leitlinien für politische Entscheidungsträger, nationale Gesundheitsbehörden und Unternehmen bereitstellt. Sie bewertet multiresistente Erreger anhand von zehn wissenschaftlichen Kriterien wie Mortalität, Prävalenz der Resistenzen, Hospitalisierungsrate und Übertragbarkeit und ordnet diese in die Risikokategorien „kritisch“, „hoch“ und „mittel“ ein (vgl. World Health Organization, 2024b). Die BPPL von 2024 umfasst 15 Familien antibiotikaresistenter Krankheitserreger. Gram-negative Bakterien dominieren weiterhin die höchsten Prioritätskategorien und gelten aufgrund ihrer komplexen Resistenzmechanismen als besonders kritisch. Die drei mul-

² Streng genommen bezeichnet AMR die Unempfindlichkeit verschiedener Mikroorganismen – einschließlich Bakterien, Viren, Pilzen und Parasiten – gegenüber antimikrobiellen Wirkstoffen. In Literatur und Praxis wird der Begriff jedoch überwiegend im Zusammenhang mit Bakterien und Antibiotikaresistenzen verwendet. Im Rahmen dieser Arbeit wird der Begriff AMR daher synonym für bakterielle Antibiotikaresistenz verwendet.

tiresistenten Erreger an der Spitze der Prioritätsliste³ verursachen schwerwiegende Infektionen und sind mit hoher Mortalität assoziiert. Diese Erreger treten nahezu ausschließlich im Zusammenhang mit Krankenhausaufenthalten, insbesondere auf Intensivstationen, auf und gefährden dort kranke, immunsupprimierte oder vorerkrankte Patientinnen und Patienten sowie solche mit invasiven Maßnahmen (vgl. World Health Organization, 2024b).

Abbildung 2.2: Lösungskomponenten zur nachhaltigen Bekämpfung von Antibiotikaresistenzen (eigene Darstellung)

Resistenzentwicklung verlangsamen	Ansteckungsraten senken & Ausbreitung eindämmen	Entwicklung neuer Antibiotika
		
<i>Funkenschutz – neue Brandherde verhindern</i>	<i>Detektion – Kontrolle und Überwachung</i>	<i>Brandbekämpfung – Löschtechnologien</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Verschreibungspflicht und Reserve-Status • Stewardship & Aufklärung • Tracking von Antibiotikavergabe • One-Health-Ansatz & Umweltkontrolle 	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung und Verbreitung diagnostischer Verfahren • Surveillance-Programme • Infektionsprävention und Hygienemaßnahmen • Aufklärung und Zugang zu Antibiotika 	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung neuer Antibiotikaklassen • Immunbasierte Therapien • Alternative Therapieansätze (Bakteriophagen, etc.) • Innovative Technologien (KI, Nanotechnologie)

In Anlehnung an die fünf strategischen Säulen des „Global Action Plan on Antimicrobial Resistance“ der Weltgesundheitsorganisation (vgl. World Health Organization, 2015) sowie unter Berücksichtigung der zentralen Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen von O’Neill (2016) lassen sich drei zentrale Lösungskomponenten identifizieren, die einen umfassenden Ansatz zur Eindämmung und Kontrolle der Entstehung und Ausbreitung von AMR ermöglichen. Diese drei Komponenten sind in Abbildung 2.2 schematisch dargestellt und bedienen sich einer Analogie zur Bekämpfung eines Wald- bzw. Flächenbrandes: Bleiben Gegenmaßnahmen aus, breitet sich das Feuer – im übertragenen Sinne die Resistenzentwicklung – unkontrolliert weiter aus.

Die erste Lösungskomponente besteht darin, die Entwicklung neuer Brandherde hinauszuzögern. In diesem Zusammenhang ist insbesondere ein kontrollierter und sachgemäßer Einsatz antibakterieller Mittel unausweichlich. Wichtige Maßnahmen zu dessen Umsetzung sind

³ Es handelt sich um die Erreger Carbapenem-resistenter *Acinetobacter baumannii* (CRAB), carbapenem-resistente Enterobacterales (CRE) und Enterobacterales, das gegen Cephalosporine der dritten Generation resistent ist (3GCRE).

die Verschreibungspflicht, der Reserve-Status, Antibiotic Stewardship-Programme⁴ sowie eine strenge Regulierung der Antibiotikavergabe in der Veterinärmedizin im Sinne des One-Health-Ansatzes⁵ (vgl. O’Neill, 2016, 24 ff.).

Die zweite Lösungskomponente zielt darauf ab, die Ausbreitung bereits bestehender Resistenzen einzudämmen und Übertragungswege zu kontrollieren. Hier bietet sich das Bild des Feuermelders oder der Brandschneise an, die eine Ausbreitung überwachen und für eine gewisse Zeit kontrollieren können. Eine zentrale Maßnahme ist die Entwicklung und Verbreitung moderner diagnostischer Verfahren, die bei einer Infektion unmittelbar den konkreten Erreger identifizieren können und dadurch eine gezielte Therapie ermöglichen (vgl. O’Neill, 2016, 35 ff.). Ebenso entscheidend ist der Aufbau flächendeckender Überwachungssysteme (*Surveillance*⁶), um den weltweiten Stand der Resistenzentwicklung zu erfassen und Brennpunkte frühzeitig zu erkennen (vgl. O’Neill, 2016, 32 ff.). Nicht zuletzt gehören auch konsequente Hygienemaßnahmen in Einrichtungen des Gesundheitswesens (vgl. O’Neill, 2016, 21 ff.) sowie Aufklärungs- und Zugangsstrategien, insbesondere in Regionen mit schwacher Gesundheitsinfrastruktur, zu wichtigen Maßnahmen (vgl. O’Neill, 2016, 17 ff.).

Die dritte Lösungskomponente besteht darin, bestehende Brände zu bekämpfen und zu löschen, was ausschließlich mit geeigneten Löschtechnologien – sprich: resistenzüberwindenden Therapeutika – möglich ist. Da sich die Resistenzen stetig verändern und an die bestehenden Antibiotika anpassen, ist es entscheidend, kontinuierlich neue Therapien zu entwickeln, um eine unkontrollierte Ausbreitung zu unterbinden. Die Maßnahmen dieser Lösungskomponente bestehen aus der Entwicklung neuer Antibiotikaklassen (vgl. O’Neill, 2016, 47 ff.), immunbasierten und alternativen Therapieansätzen (vgl. Czaplewski et al., 2016; O’Neill, 2016, 40 ff.) sowie dem Erforschen innovativer Technologien wie beispielsweise der Nanotechnologie.

Diese Arbeit legt ihren Schwerpunkt insbesondere auf die dritte Lösungskomponente und untersucht, wie die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen gestaltet werden müssen, damit stets ausreichend wirksame Antibiotika zur Verfügung stehen. Es ist jedoch essenziell zu verstehen, dass zur nachhaltigen Bekämpfung von Antibiotikaresistenzen ein ganzheitlicher Ansatz erforderlich ist, der von der Prävention über die Eindämmung bis hin zur effektiven Therapie reicht.

⁴ (Antibiotic) Stewardship Programme sind Maßnahmen, die den verantwortungsvollen und gezielten Einsatz von Antibiotika fördern. Sie zielen darauf ab, die Wirksamkeit von Antibiotikatherapien zu optimieren und unnötige Antibiotikaawendungen zu vermeiden.

⁵ Der One-Health-Ansatz ist ein interdisziplinäres Konzept, das die Gesundheit von Menschen, Tieren und der Umwelt als miteinander verknüpft betrachtet und eine sektorübergreifende Zusammenarbeit zur Bekämpfung von Gesundheitsrisiken wie Antibiotikaresistenzen fördert.

⁶ Zur systematischen globalen Überwachung hat die WHO 2015 das Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (GLASS) als standardisierte Methode entwickelt, das die weltweite Sammlung, Analyse und systematische Interpretation von Daten zur kontinuierlichen Überwachung von Antibiotikaresistenzen ermöglicht (vgl. World Health Organization, 2025). Dieses Surveillance-System bildet die empirische Grundlage für die regelmäßige Aktualisierung der BPPL und ermöglicht es, Resistenzrends frühzeitig zu identifizieren und entsprechende Präventionsmaßnahmen zu entwickeln.

Dabei kann AMR nicht von einzelnen Ländern isoliert gelöst werden – vielmehr bedarf es einer globalen Koordination, die gemeinsame Maßnahmen implementiert und das Problem koordiniert angeht. In einer globalisierten Welt, in der sich Erreger schnell und grenzüberschreitend ausbreiten können, wie die Corona-Pandemie eindrücklich gezeigt hat, ist eine internationale Zusammenarbeit unabdingbar. Während innerhalb der beiden erstgenannten Lösungskomponenten bereits zahlreiche zielgerichtete Maßnahmen etabliert wurden, sind effektive Therapien zunehmend seltener verfügbar. Der Hintergrund hierfür ist, dass in den letzten Jahrzehnten kaum neue Präparate auf den Markt kamen. Während zwischen 1940 und 1962 noch 20 neue Antibiotikaklassen entwickelt wurden, sind seit 1987 lediglich zwei völlig neue Klassen hinzugekommen (Ferri et al., 2017). Diese sogenannte *Antibiotic Discovery Void* wird im folgenden Abschnitt näher beleuchtet.

2.1.1.2 Entwicklung und Stagnation in der Antibiotikaforschung

Im Jahr 1928 entdeckte Alexander Fleming das Penicillin und leitete eine neue Ära der Medizin und antimikrobiellen Therapie ein. Diese Entdeckung ermöglichte die erfolgreiche Behandlung bakterieller Infektionen wie Lungenentzündungen, die zuvor meist letal verliefen. In der Periode von 1949 bis 1980 wurden die meisten heute verfügbaren Antibiotikaklassen entdeckt und erforscht. Diese Phase zeichnete sich durch eine außergewöhnliche Innovationskraft in der antimikrobiellen Forschung aus und wird in der Fachliteratur als „**Golden Age**“ (goldenes Zeitalter) der Antibiotikaentwicklung bezeichnet (Christensen, 2021).

Nach 1980 ist eine deutliche Stagnation des Forschungserfolgs zu konstatieren. Bis zum Jahr 2000 wurden lediglich zwei weitere Antibiotikaklassen identifiziert. Diese Periode wird in der wissenschaftlichen Literatur als „**Antibiotic Discovery Void**“ (Antibiotika-Entdeckungslücke) bezeichnet und hält bis heute an (Ferri et al., 2017; Silver, 2011). Die Daten aus Abbildung 2.3 verdeutlichen diese Entwicklung: Während im Zeitraum 1983–1987 noch 16 neue antimikrobielle Wirkstoffe von der U.S. Food and Drug Administration (FDA)⁷ zugelassen wurden, reduzierte sich diese Zahl auf lediglich zwei Zulassungen im Zeitraum 2008–2012. Ein Grund hierfür ist, dass die Entdeckung neuer Antibiotika deutlich schwieriger geworden ist, insbesondere solcher, die gegen kritische Erreger wirksam sind. Die „low-hanging fruits“, also leicht zugängliche und einfach isolierbare natürliche Antibiotika, sind inzwischen weitgehend erschöpft (vgl. Payne et al., 2007). Hinzu kommt, dass Infektionskrankheiten in Industrieländern ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts – mit Ausnahme von HIV – weitgehend als bewältigt betrachtet wurden, was dazu führte, dass sich Forschung und Entwicklung verstärkt auf nicht übertragbare Krankheiten konzentrierte.

⁷Die U.S. Food and Drug Administration ist die US-amerikanische Bundesbehörde für die Zulassung und Sicherheitsüberwachung von Arzneimitteln und Medizinprodukten.

Parallel zur wissenschaftlichen Stagnation vollzog sich ein substanzieller Rückzug der Pharmaindustrie aus der Antibiotikaforschung. Die Anzahl großer Pharmaunternehmen mit aktiven Antibiotikaforschungsprogrammen verringerte sich von 18 auf vier Unternehmen. Dieser industrielle Rückzug verstärkte die bereits bestehende Innovationslücke und resultierte in dem heutigen Mangel an neuartigen Antibiotikaklassen.

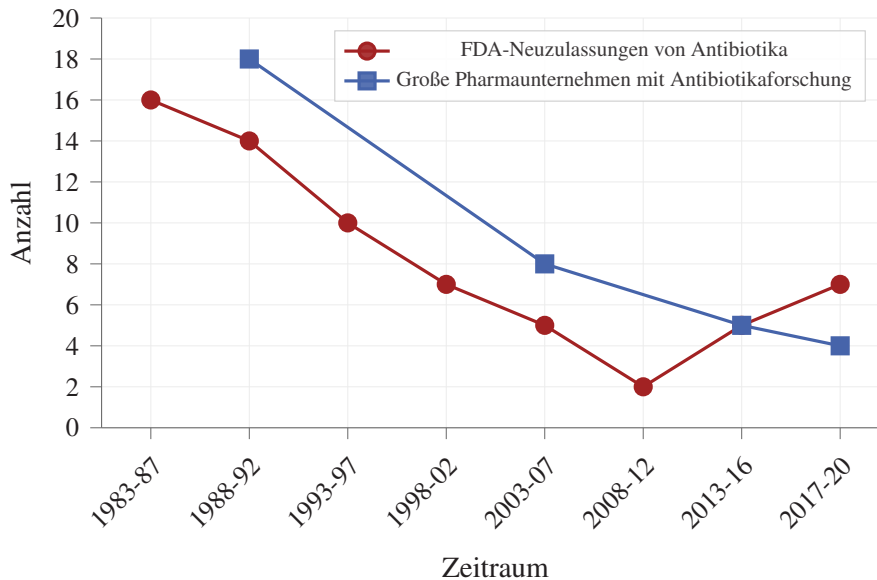


Abbildung 2.3: Forschende Unternehmen und FDA-Zulassungen von Antibiotika zwischen 1983 und 2020 (eigene Darstellung, Quellen: Butler et al. (2013), Mossialos et al. (2010), World Health Organization (2022a))

Eine Betrachtung der jüngsten WHO-Pipeline-Reviews offenbart eine moderate Zunahme der Entwicklungsaktivitäten in den letzten Jahren. Im Jahr 2017 befanden sich noch 51 Antibiotikawirkstoffe in den weltweiten Unternehmenspipelines (World Health Organization, 2017). Diese Zahl stieg bis 2023 auf 97 Wirkstoffkandidaten an (World Health Organization, 2024a). Wie in Abschnitt 2.1.1.1 beschrieben, ist insbesondere die Entwicklung neuartiger Wirkstoffe gegen Erreger der BPPL relevant. Hier stieg die Zahl der Wirkstoffe von 43 im Jahr 2017 auf 62 im Jahr 2023, davon nahezu die Hälfte (30) mit neuartigen, nicht-traditionellen Ansätzen wie Bakteriophagen⁸ oder immunmodulierenden Wirkstoffen⁹ (World Health Organization, 2024a). Trotz der beschriebenen partiell positiven Entwicklungen weist die Antibiotika-Pipeline im Vergleich zu anderen Therapiebereichen erhebliche strukturelle Defizite auf. Zum Vergleich befinden sich im Bereich der Onkologie circa 4.000 Wirkstoffe in der Entwicklungspipeline (vgl.

⁸ Bakteriophagen sind Viren, die gezielt Bakterien infizieren und zerstören.

⁹ Immunmodulierende Wirkstoffe beeinflussen gezielt das Immunsystem, um die körpereigene Abwehr gegen Infektionen zu stärken. Sie töten Bakterien nicht direkt, sondern helfen dem Körper, die Erreger selbst zu bekämpfen.

Xin Yu et al., 2019; O’Shea & Carey, 2025), was einem Verhältnis von mehr als 40:1 gegenüber der Antibiotikaentwicklung entspricht. Diese erhebliche Diskrepanz unterstreicht die strukturellen Problematiken der Antibiotikaforschung und verdeutlicht die Notwendigkeit systematischer Reformansätze zur Förderung der Innovation. Die gegenwärtige Entwicklung kann die jahrzehntelange Innovationslücke und die drängenden Herausforderungen der antimikrobiellen Resistenz nicht ausreichend adressieren. Nach Schätzungen des Berichts von O’Neill (2016) werden circa 15 neue Antibiotika pro Dekade benötigt, davon mindestens vier hochinnovative Wirkstoffe, die gegen die kritischsten resistenten Erreger wirksam sind (S. 7). Die aktuelle Pipeline bleibt deutlich hinter diesem Zielbedarf zurück.

2.1.1.3 Marktvolumen und wirtschaftliche Bedeutung

Um die wirtschaftliche Bedeutung antimikrobieller Mittel einzuordnen, lohnt sich ein Blick auf den Gesamtmarkt der verschreibungspflichtigen Arzneimittel (vgl. Abbildung 2.4).

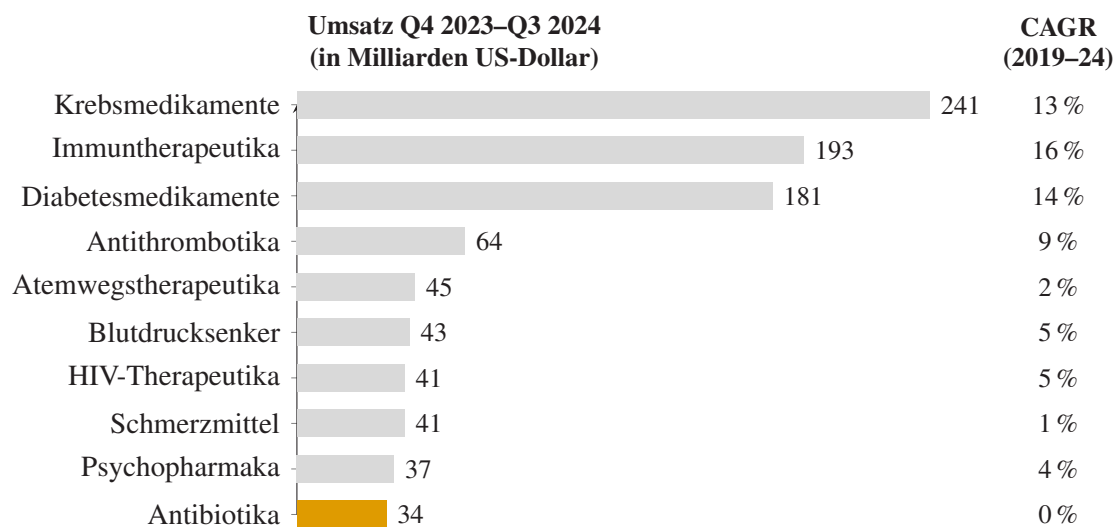


Abbildung 2.4: Umsatzstärkste verschreibungspflichtige Arzneimittel weltweit und durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (CAGR) 2019–2024 (eigene Darstellung, Quelle: IQVIA (2024))

Dessen Volumen belief sich im Jahr 2024 auf rund 1.477 Milliarden USD und wird von den drei Therapiebereichen Onkologie, Immuntherapie und Diabetes dominiert, die zusammen über 40 % Marktanteil einnehmen und starke Wachstumsraten aufweisen (vgl. IQVIA, 2024). Antibiotika haben einen Marktanteil von etwa 2,3 %, sind jedoch die einzige Therapiegruppe innerhalb der Top 10, die kein Wachstum zeigt. Bei Antibiotika fällt in diesem Zusammenhang im Vergleich zu anderen verschreibungspflichtigen Arzneimitteln eine Besonderheit stark ins Gewicht: Der Markt wird von Generika dominiert. Generische Antibiotika machten 2024 über 81 % am globalen Umsatz aus (vgl. Grand View Research, 2025). Zum Vergleich: Im Durchschnitt liegt der Umsatzanteil von Generika bei verschreibungspflichtigen Arzneimitteln bei 7–8 % (vgl. Evaluate, 2025). Die Erschwinglichkeit generischer Formulierungen, die hohe

Anzahl von Herstellern, die zu einer erhöhten Verhandlungsmacht der Käufer führt, und ein unterstützender regulatorischer Rahmen sind die wichtigsten Gründe für diese Dominanz. Hinzu kommen staatliche Initiativen zur Förderung generischer Präparate sowie deren erleichterter Zugang, die die Verbreitung generischer Antibiotika begünstigen.

Der hohe Generikaanteil spiegelt sich auch im regionalen Absatz von Antibiotika wider. Nahezu die Hälfte der weltweiten Umsätze (46 %) entfällt auf den asiatisch-pazifischen Raum (APAC) (vgl. IQVIA, 2024, S. 6). Im Gesamtmarkt für verschreibungspflichtige Arzneimittel liegt der Anteil dieser Region dagegen nur bei 13 %, während der größte Teil üblicherweise in den USA (51 %) und Europa (23 %) erzielt wird (vgl. IQVIA, 2024, S. 4). Das Wachstum im APAC-Raum lässt sich zum einen auf die zunehmende Häufigkeit bakterieller Infektionen aufgrund schlechter sanitärer Verhältnisse zurückführen und zum anderen auf die große Anzahl ansässiger Generikahersteller.

Die vorliegenden Zahlen verdeutlichen, dass der Antibiotikamarkt in mehrfacher Hinsicht eine Sonderstellung innerhalb des Pharmasektors einnimmt. Er unterscheidet sich sowohl in seiner Marktstruktur als auch in seiner Wachstumsdynamik deutlich von anderen großen Therapiebereichen. Während diese zumeist durch Innovation und hohe Gewinnmargen gekennzeichnet sind, ist der Antibiotikamarkt stark generikadominiert, von stagnierendem Wachstum geprägt und bietet nur geringe Anreize für forschungsgetriebene Entwicklungen.

2.1.2 Wertschöpfungsprozess und Marktmechanismen

Die Entwicklung neuer Antibiotika folgt einem strukturierten, mehrstufigen Wertschöpfungsprozess, der charakteristisch für die Medikamentenentwicklung in der Pharmaindustrie ist. Der Prozess – auch Pipeline genannt – umfasst verschiedene aufeinanderfolgende Phasen (vgl. Abbildung 2.5): Wirkstoffentwicklung, drei Phasen klinischer Studien, Zulassungsverfahren sowie den Markteintritt. Jede Phase ist durch spezifische Aktivitäten und Ziele definiert und führt zu einer kontinuierlichen Reduktion der Anzahl von Wirkstoffkandidaten (vgl. Miethke et al., 2021, S. 728).

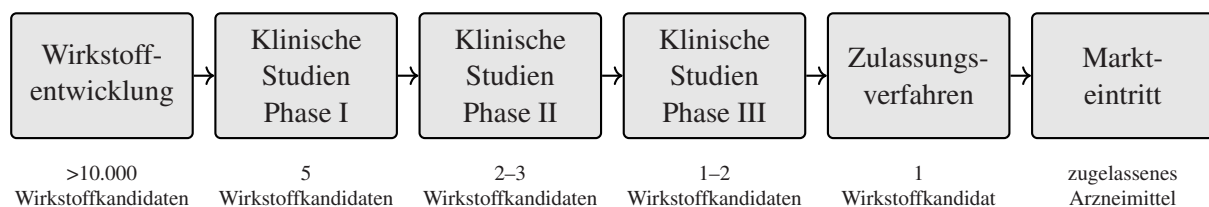


Abbildung 2.5: Wertschöpfungsprozess eines Antibiotikums (eigene Darstellung)

Die **Wirkstoffentwicklung** beginnt mit der Identifikation therapeutisch relevanter Zielstrukturen im Bakterium (sog. *Targeting*). Im anschließenden Hochdurchsatz-Screening werden 10.000

bis mehrere Millionen chemische Verbindungen systematisch evaluiert, um sogenannte *Hit*-Moleküle zu identifizieren, die an den Zielstrukturen des Bakteriums angreifen können. In einem mehrstufigen Auswahlprozess werden diese Hits dann hinsichtlich Wirksamkeit und Sicherheit charakterisiert sowie pharmazeutisch optimiert. Nach der *Hit-to-Lead*-Optimierung, bei der besonders vielversprechende Moleküle gezielt strukturell modifiziert werden, entstehen in der finalen *Lead-Optimierung* schließlich 5–10 Wirkstoffkandidaten, die für die weitere präklinische Entwicklung qualifiziert sind (vgl. Fischer & Breitenbach, 2020, 73 ff. Hughes et al., 2011; Miethke et al., 2021).

Die *präklinische Entwicklung* bildet innerhalb der Wirkstoffentwicklung die entscheidende Übergangsphase zur ersten Testung am Menschen. In dieser Phase werden die Wirkstoffkandidaten umfassenden Laboruntersuchungen unterzogen, um ihre grundlegenden Eigenschaften zu charakterisieren. Dabei werden sowohl die chemisch-physikalischen Merkmale der Substanzen als auch ihr Verhalten im Organismus sowie mögliche schädliche Wirkungen systematisch erforscht. Die präklinische Phase fungiert als Qualitätskontrolle, die gewährleistet, dass nur Kandidaten mit einem günstigen Nutzen-Risiko-Verhältnis in die nachfolgenden, deutlich kostenintensiveren klinischen Studien überführt werden (vgl. Fischer & Breitenbach, 2020, 121 ff.).

Die **klinischen Studien Phase I** markieren den ersten Einsatz des potenziellen Antibiotikums am Menschen. In dieser Phase wird der Wirkstoff an einer kleinen Kohorte von 20 bis 80 gesunden Probanden getestet, um die Verträglichkeit, die Pharmakokinetik und die Sicherheit zu evaluieren. Primäres Ziel ist die Bestimmung der maximal tolerierbaren Dosis sowie die Charakterisierung des Nebenwirkungsprofils beim Menschen (vgl. Blau et al., 2004; Fischer & Breitenbach, 2020, S. 151 ff.).

Die **Phase-II-Studien** erweitern die Untersuchungen auf 100 bis 300 Patienten mit einer entsprechenden bakteriellen Infektion. Diese *Proof-of-Concept*-Studien dienen der ersten Wirksamkeitsevaluation beim Menschen sowie der Optimierung der Dosierungsregime. Zusätzlich werden weitere Sicherheitsdaten generiert und das Nebenwirkungsprofil bei der Zielpatientenpopulation untersucht (vgl. Fischer & Breitenbach, 2020, S. 154).

Die **Phase-III-Studien** stellen großangelegte Untersuchungen mit über 1.000 Probanden dar. Diese Studien vergleichen das neue Antibiotikum direkt mit etablierten Standardtherapien, um die Nicht-Unterlegenheit oder Überlegenheit bezüglich Wirksamkeit und Sicherheit zu demonstrieren. Häufig werden randomisierte, kontrollierte Studiendesigns eingesetzt (vgl. Fischer & Breitenbach, 2020, S. 155).

Das **Zulassungsverfahren** stellt die vorletzte Phase im Wertschöpfungsprozess dar und erfordert die Genehmigung durch nationale Arzneimittelbehörden, bevor ein Medikament vertrieben werden darf. In der EU obliegt diese Aufgabe der European Medicines Agency (EMA), während

in den USA die FDA zuständig ist. Die Bewertung erfolgt anhand verschiedener Kriterien wie Qualität, Wirksamkeit und Unbedenklichkeit, wobei eine Zulassung nur bei positivem Nutzen-Risiko-Verhältnis erteilt wird (vgl. Fischer & Breitenbach, 2020, 195 ff.). Die Zulassung kann durch verschiedene Verfahrenswege erfolgen. In der EU existieren drei grundlegende Zulassungswege für neue Arzneimittel. Das *zentralisierte Verfahren* ermöglicht nach einer einzigen EU-weiten Bewertung den Vertrieb in allen Staaten des Europäischen Wirtschaftsraumes und ist für die meisten innovativen Arzneimittel verpflichtend (vgl. European Medicines Agency, 2023a, S. 2). Alternativ stehen das *dezentralisierte Verfahren*¹⁰ und das *Verfahren der gegenseitigen Anerkennung*¹¹ für die Zulassung in einzelnen EU-Mitgliedsstaaten zur Verfügung.

Der **Markteintritt** als finale Phase des Wertschöpfungsprozesses umfasst die kommerzielle Einführung des zugelassenen Antibiotikums. Diese Phase erfordert koordinierte Aktivitäten in den Bereichen Produktion, Marketing, Vertrieb und Marktdurchdringung (vgl. Blau et al., 2004). Eine zentrale Rolle spielt die sequenzielle Abfolge der Markteintritte in verschiedenen Ländern. Neben der Zielgruppengröße, der bestehenden Vertriebsinfrastruktur und dem erzielbaren Preis sind insbesondere die regulatorischen Rahmenbedingungen von hoher Bedeutung für die Sequenz. Die Markteinführung erfolgt typischerweise zunächst in denjenigen Ländern, in denen auf Basis der Verhandlungen mit nationalen Institutionen die höchsten Preise erzielt werden können. Anschließend wird das Medikament unter Berufung auf die erzielten Preise und Erfahrungen aus den Pilotmärkten schrittweise in weitere Länder mit Gewinnpotenzial ausgerollt.

Nach der Markteinführung erfolgt die regulatorisch vorgeschriebene kontinuierliche Überwachung des zugelassenen Arzneimittels durch den Hersteller. Diese **klinischen Studien Phase IV** dienen der systematischen Erfassung der tatsächlichen Wirksamkeit und des Nebenwirkungsprofils unter realen Anwendungsbedingungen. Insbesondere seltene Nebenwirkungen, die aufgrund der begrenzten Probandenzahlen in den vorherigen klinischen Studien nicht identifiziert werden konnten, können durch diese breitere Anwendungsüberwachung erkannt und bewertet werden.

2.1.2.1 Empirische Grundlagen zu Kosten, Dauer und Risiken der Wertschöpfung

Nach der Beschreibung der einzelnen Wertschöpfungsphasen steht im Folgenden die Analyse zeitlicher, finanzieller und projektspezifischer Risiken der Phasen im Mittelpunkt. Die Bewertung dieser drei Aspekte ist wesentlich, um die ökonomischen Rahmenbedingungen und Investitionsrisiken bei der Antibiotikaentwicklung angemessen zu verstehen. Zu diesem Zweck wurden unterschiedliche Quellen ausgewertet, deren Angaben in den folgenden Tabellen zu-

¹⁰ Das dezentralisierte Verfahren ermöglicht die gleichzeitige Beantragung der Zulassung in mehreren EU-Mitgliedstaaten ohne vorherige nationale Zulassung, wobei ein Referenzstaat die Bewertung koordiniert.

¹¹ Das Verfahren der gegenseitigen Anerkennung basiert auf einer bereits bestehenden nationalen Zulassung, die andere EU-Mitgliedstaaten innerhalb von 90 Tagen anerkennen können.

sammengefasst sind. Die zugrunde liegenden Zahlen basieren überwiegend auf empirischen Befunden, die aus Experteninterviews, anonymisierten Unternehmensumfragen und Branchenanalysen stammen.

Die Wirkstoffentwicklung ist von allen Wertschöpfungsstufen diejenige, die mit der höchsten Unsicherheit und längsten Entwicklungsdauer (ca. 5,5 Jahre) verbunden ist. Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, werden diverse Prozessschritte durchgeführt und tausende Substanzen getestet. Die finanziellen Aufwendungen in Höhe von etwa 10–20 Millionen USD umfassen primär Laborkosten, Personalaufwand, Materialkosten für Hochdurchsatz-Screenings sowie Ausgaben für präklinische in-vitro¹² und in-vivo¹³ Tests. Die Wahrscheinlichkeit, einen geeigneten Wirkstoffkandidaten zu identifizieren, der die präklinischen Studien erfolgreich durchläuft, liegt bei lediglich 17–35 %. Hauptursachen für das Scheitern sind unzureichende antibakterielle Aktivität, toxikologische Probleme oder chemische Instabilität der Kandidaten.

Tabelle 2.1: Entwicklungsdauern der Wertschöpfungsphasen im Antibiotikamarkt (eigene Darstellung)

Quelle	Wirkstoff- entwicklung	Klinische Studien Phase 1	Klinische Studien Phase 2	Klinische Studien Phase 3	Zulassungs- verfahren	Markt- eintritt/ Phase 4
Årdal, Findlay et al. (2018)	66	10.5	13.3	21.8	9	–
Stern et al. (2017)	–	12	12	24	12	12
AMR Review (2016)	66	11	13.5	22	9	–
Sertkaya et al. (2014)	66	10.8	13.4	21.8	9.6	–

Angaben in Monaten.

Die Phase-I-Studien erstrecken sich über einen Zeitraum von 10 bis 12 Monaten und verursachen Kosten von etwa 10–25 Millionen USD. Diese Ausgaben entstehen hauptsächlich durch Patientenrekrutierung, klinische Überwachung, Laboranalytik und regulatorische Dokumentation. Hinsichtlich der Erfolgswahrscheinlichkeit variieren die Angaben verschiedener Quellen erheblich zwischen 33 % und 77 %. Unbestritten ist jedoch, dass Phase-I-Studien bei Antibiotika ein höheres Scheiterrisiko aufweisen als bei anderen Medikamentenklassen (vgl. Sertkaya et al., 2014). Sicherheitsbedenken, unerwartete Nebenwirkungen oder ungünstige pharmakokinetische Profile stellen die häufigsten Ursachen für Studienabbrüche dar.

Für die Phase-II-Studien werden Entwicklungszeiten zwischen 12 und 13,5 Monaten kalkuliert. Die Kostenschätzungen bewegen sich in einer Spanne von 10–54 Millionen USD, wobei

¹² In-vitro-Tests bezeichnen experimentelle Untersuchungen, die außerhalb eines lebenden Organismus, typischerweise in Zellkulturen, Petrischalen oder Reagenzgläsern durchgeführt werden, um die Wirkung von Substanzen unter kontrollierten Bedingungen zu analysieren.

¹³ In-vivo-Tests sind experimentelle Studien, die innerhalb eines lebenden Organismus erfolgen – meist in Tiermodellen oder beim Menschen – und erlauben die Untersuchung biologischer Effekte unter natürlichen, physiologischen Bedingungen.

die Ausgaben für größere Patientenkohorten, internationale Studienzentren und aufwändigere mikrobiologische Analysen deutlich höher ausfallen als in Phase I. Die Erfolgswahrscheinlichkeit wird mit 46–59 % beziffert. In dieser Phase steht der erste Wirksamkeitsnachweis beim Menschen im Fokus, wodurch das Risiko des Scheiterns aufgrund unzureichender therapeutischer Effektivität oder des Auftretens resistenter Bakterienstämme während der Behandlung besonders relevant wird.

Tabelle 2.2: Kostenschätzungen für die Wertschöpfungsphasen im Antibiotikamarkt (eigene Darstellung)

Quelle	Wirkstoff- entwicklung	Klinische Studien Phase 1	Klinische Studien Phase 2	Klinische Studien Phase 3	Zulassungs- verfahren	Markt- eintritt/ Phase 4
Årdal, Findlay et al. (2018)	21.1	24.0	24.6	62.6	88.4	152.8
Stern et al. (2017)	10.7	10.1	26.3	96.3	3.7	146.3
Towse et al. (2017)	19.0	16.0	54.0	196.0	29.0	40.0
Sertkaya et al. (2014)	21.1	9.7	10.3	51.7	2.0	10.0

Angaben in Millionen US-Dollar.

Die Phase-III-Studien stellen die kostenintensivste Entwicklungsphase dar. Die Dauer beträgt nahezu zwei Jahre, während die Kosten je nach Quelle zwischen 50 und 200 Millionen USD variieren. Diese erheblichen Aufwendungen resultieren aus der Notwendigkeit großer, häufig internationaler Multicenterstudien mit hunderten bis tausenden Patienten, umfangreichen Datenerhebungen zur Langzeitsicherheit sowie kostspieligen Vergleichsstudien mit etablierten Standardtherapien. Das Scheiterrisiko sinkt bei Antibiotikawirkstoffen auf 17–32 %, wobei unzureichende Wirksamkeit im direkten Vergleich zu bestehenden Behandlungsoptionen die häufigste Ursache für negative Studienergebnisse darstellt.

Das Zulassungsverfahren dauert typischerweise 9–12 Monate. Die direkten Kosten werden zwischen 2 und 88 Millionen USD veranschlagt, wobei diese Spanne die unterschiedlichen Komplexitätsgrade der Anträge sowie variierende Anforderungen für regulatorische Beratung und zusätzliche Studien widerspiegelt. Das Risiko einer Zulassungsverweigerung ist mit 5–20 % relativ gering, da bis zu dieser Phase bereits umfangreiche Evidenz für Wirksamkeit und Sicherheit vorliegt. Hauptgründe für Ablehnungen sind unzureichende Datenlage bezüglich spezieller Patientengruppen, regulatorische Bedenken hinsichtlich des Nutzen-Risiko-Verhältnisses oder ungelöste Fragen zur Resistenzentwicklung.

Der Markteintritt erfordert typischerweise zwölf Monate für die Vorbereitung der kommerziellen Aktivitäten. Die Kosten für Produktionsaufbau, Marketing und Vertriebsstrukturen werden zwischen 10 und 150 Millionen USD geschätzt, wobei die Höhe von der Notwendigkeit neuer Produktionsanlagen, dem Aufbau spezialisierter Vertriebskanäle und der Intensität der

Markteinführungskampagne abhängt. Das Risiko liegt hier weniger im technischen Scheitern als vielmehr in der unzureichenden Marktdurchdringung und Umsatzgenerierung.

Tabelle 2.3: Erfolgswahrscheinlichkeiten der Wertschöpfungsphasen im Antibiotikamarkt (eigene Darstellung)

Quelle	Wirkstoff- entwicklung	Klinische Studien Phase 1	Klinische Studien Phase 2	Klinische Studien Phase 3	Zulassungs- verfahren	Markt- eintritt/ Phase 4
DiMasi et al. (2020).	–	0.77	0.51	0.83	0.94	–
Stern et al. (2017)	0.17	0.33	0.59	0.76	0.80	–
Towse et al. (2017)	0.35	0.67	0.46	0.70	0.87	–
Sertkaya et al. (2014)	0.35	0.33	0.50	0.67	0.85	–

Angaben als Erfolgswahrscheinlichkeiten.

Die empirischen Befunde verdeutlichen die erheblichen zeitlichen und finanziellen Investitionen sowie die kumulativen Risiken der Antibiotikaentwicklung. Die Gesamtentwicklungszeit von der Wirkstoffidentifikation bis zum Markteintritt erstreckt sich über 10–12 Jahre bei Gesamtkosten von etwa 100–300 Millionen USD. Das kumulative Scheiterrisiko führt dazu, dass nur etwa 2–7 % aller begonnenen Wirkstoffentwicklungen erfolgreich die Marktreife erreichen. Unter Berücksichtigung dieser hohen Ausfallrate, bei der die Kosten gescheiterter Projekte von den erfolgreichen getragen werden müssen, steigen die erwarteten Gesamtkosten für ein marktreifes Antibiotikum aus Unternehmenssicht auf über eine Milliarde USD (vgl. DiMasi et al., 2016; Gargate et al., 2025; Wouters et al., 2020). Diese empirischen Grundlagen bilden eine wichtige Basis für die quantitative Modellierung des Antibiotika-Fördermodells, das in Kapitel 3.1 aufgestellt wird.

2.1.2.2 Preisbildung und Patentschutz

Die Preisbildung für neue Arzneimittel erfolgt primär auf Basis der Vorschläge der Pharmaindustrie und wird nach Verhandlungen mit nationalen Institutionen bzw. Krankenkassen festgesetzt. Die USA praktizieren derzeit ein System weitgehend freier Preisbildung mit individuellen Verhandlungen zwischen Herstellern und privaten Versicherungen, was häufig höhere Preise ermöglicht, die Pharmaunternehmen gerne als Referenz für internationale Verhandlungen nutzen. Diese Preisbildungsfreiheit führt dazu, dass die USA häufig als bevorzugter Markt für Erstzulassungen gewählt werden, obwohl das System aufgrund hoher Verbraucherpreise zunehmend kritisiert wird.

In der EU erfolgt die Preisbildung überwiegend auf Basis von Vergleichsmedikamenten durch zentrale Bewertungsverfahren. Dabei wird geprüft, ob das neue Medikament eine medizinische Notwendigkeit darstellt und gegenüber etablierten Vergleichstherapien zusätzlichen Nutzen generiert. Ohne nachweisbaren Zusatznutzen wird das Medikament preislich auf dem Niveau der

Vergleichsmedikamente eingestuft. In Deutschland ist dieses Verfahren als Arzneimittelmarktneuordnungsgesetz (AMNOG) implementiert und gewährt neuen Antibiotika Privilegien (vgl. Ulrich & Cassel, 2015). Wird ein neues Antibiotikum als Reserveantibiotikum klassifiziert, entfällt die Nutzenbewertung nach § 35a SGB V, wodurch der Zusatznutzen automatisch als belegt gilt (vgl. Gemeinsamer Bundesausschuss, o. D.). Dies ermöglicht Unternehmen höhere Preisforderungen, sofern sie den restriktiven Einsatz nach Markteinführung nachweisen können.

Viele weitere Länder, einschließlich Großbritannien, Kanada, Schweden und Südkorea, praktizieren eine gesundheitsökonomisch basierte Preisbildung. Die Kostenträger kalkulieren dabei die Kosten per *Disease-Adjusted Life Years* (DALY) und erstellen Kosten-Nutzen-Analysen zur Bewertung der gesellschaftlichen Relevanz verschiedener Krankheiten (vgl. Drummond et al., 2011). In Schwellenländern ist typischerweise keine vollständige Kostendeckung für Medikamente gewährleistet, was die Verfügbarkeit erheblich limitiert und zusätzliche Markteintrittshürden schafft.

Der **Patentschutz** stellt einen der wichtigsten Mechanismen der forschenden Pharmaindustrie zur Sicherung der Investitionsrendite entwickelter Medikamente dar. Er bildet den fundamentalen Mechanismus zur Sicherung des *Return-on-Investment* und beträgt weltweit standardmäßig 20 Jahre. Der Schutz beginnt mit der Patentanmeldung, die üblicherweise nach der Entdeckung des Wirkstoffs erfolgt. Aufgrund der frühen Anmeldung und des zeitaufwändigen Entwicklungsprozesses verbleiben nach der Markteinführung häufig nur wenige Jahre effektiver Patentschutz, in denen ein Unternehmen substanzielle Gewinne erzielen kann (vgl. Fischer & Breitenbach, 2020, 315 ff.). Zur Kompensation dieser Problematik bietet die EU die Möglichkeit ergänzender Schutzzertifikate, die den Schutzzeitraum um maximal fünf Jahre verlängern können. Typischerweise verbleibt dem Originalhersteller eine Marktexklusivität von zehn bis zwölf Jahren, in der der Absatz des Arzneimittels rentabel erfolgen kann (vgl. Conroy, 2021). Eine besondere Form des Marktschutzes stellt der *Orphan Drug-Status* dar, der Therapien gegen seltene Erkrankungen¹⁴ ein zehnjähriges exklusives Vermarktungsrecht gewährt. Dies bedeutet, dass wirkstoffgleiche oder analoge Medikamente in diesem Zeitraum keine Marktzulassung erhalten, wodurch der Orphan Drug-Status in der Industrie sehr begehrt ist. Analoge Verordnungen existieren in den USA und Japan (vgl. Watzek, 2020).

Nach Ablauf der Schutzrechte treten in der Regel Generikahersteller auf den Markt. Sie können Präparate unter Berufung auf die klinischen Studien des Originalherstellers mit identischer Wirkstoffzusammensetzung und Darreichungsform entwickeln und vermarkten. Durch die eingesparten Entwicklungs- und Studienkosten können diese Arzneimittel zu lediglich etwa 20 % des Originalpreises vertrieben werden (vgl. Nguyen et al., 2022). Dadurch markiert der Generika-Markteintritt üblicherweise das Ende der Möglichkeit des Originalherstellers, weitere

¹⁴ In der EU gelten Erkrankungen als selten, wenn höchstens 5 von 10.000 Menschen (entsprechend 1 von 2.000 Personen) betroffen sind (vgl. Europäische Kommission, o. D.).

Beiträge zur Refinanzierung der Forschungs- und Entwicklungsausgaben des Originalpräparats zu generieren.

2.1.3 Marktakteure und deren Rollen

Im Folgenden werden die beiden zentralen Akteursgruppen vorgestellt, die maßgeblich an der Forschung und Entwicklung neuer Antibiotikaklassen beteiligt sind: kleine und mittlere Pharma- und Biotechnologieunternehmen (KMU) (vgl. Abschnitt 2.1.3.1) sowie große Unternehmen (Big Pharma) (vgl. Abschnitt 2.1.3.2). Es wird erläutert, welche Rolle diese Akteure in der Wertschöpfung neuer Wirkstoffe einnehmen, über welche Kernkompetenzen sie verfügen und nach welchen Zielgrößen sie agieren.

2.1.3.1 Kleine und mittlere Unternehmen (KMU)

Kleine und mittlere Pharma- und Biotechnologieunternehmen nehmen eine zentrale Rolle in der heutigen pharmazeutischen Forschungslandschaft ein. Empirische Analysen zeigen, dass ihr Beitrag an neuen Medikamenten in den letzten Jahrzehnten stark gewachsen ist: So stieg ihr Anteil von 23 % zu Beginn der 1980er-Jahre auf 70 % in den frühen 2000er-Jahren (vgl. Munos, 2009). Im Jahr 2021 machten Unternehmen mit einem Jahresumsatz von weniger als 500 Millionen USD 65 % der Pipeline für neue Arzneimittelkandidaten aus (vgl. IQVIA, 2022). Besonders im Bereich der Antibiotikaentwicklung ist dieser Trend ausgeprägt, wie Dheman et al. (2021) und die jüngste Übersicht der World Health Organization (2024a) zeigen: Von den 112 Unternehmen, die im Jahr 2023 mindestens ein Antibiotikaprogramm in der präklinischen Pipeline führten, waren 95,5 % (106) kleine und mittlere Unternehmen, davon sogar 86,7 % (97) Unternehmen mit weniger als 50 Mitarbeitern (vgl. World Health Organization, 2024a, S. 50). Die Mehrheit dieser Unternehmen ist in Europa (51,8 %) und den USA (35,5 %) angesiedelt (S. 47).

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU), die häufig durch Spin-offs von Universitäten oder großen Pharmaunternehmen entstehen, sind die Haupttreiber radikaler pharmazeutischer Innovationen. Sie sind häufig Vorreiter bei der Entwicklung innovativer Medikamente, während etablierte große Pharmaunternehmen sich vorwiegend auf die Entwicklung von Medikamenten für bekannte Zielmoleküle fokussieren (vgl. Okuyama, 2024; Renwick et al., 2016). Ein wesentlicher Vorteil von KMUs liegt in ihrer schlankeren Organisationsstruktur und kosteneffizienteren Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Untersuchungen von Årdal, Baraldi et al. (2018) zeigen, dass KMUs geringere Kosten für die Wirkstoffentwicklung sowie die klinischen Studien der Phasen I und II aufweisen als große Pharmaunternehmen. Gleichzeitig verfügen KMUs meist nur über geringe eigene Kapitalreserven und selten über mehr als ein bis zwei Assets in der Entwicklung. Aufgrund ihrer limitierten Ressourcen sind sie daher strukturell darauf angewiesen, externe Investoren zu gewinnen oder Kooperationen mit großen Pharmaunternehmen ein-

zugehen. Die Finanzierung erfolgt überwiegend über Venture Capital und Venture Debt, doch insbesondere im Antibiotikasektor ist das Investoreninteresse sehr gering.

Die größten finanziellen Hürden entstehen in den langen und kostenintensiven späten klinischen Studienphasen. Diese sind für KMUs ohne Fremdfinanzierung nahezu unmöglich eigenständig zu bewältigen. Besonders problematisch ist dies bei der Antibiotikaentwicklung, da die Wahrscheinlichkeit des Erfolgs klinischer Studien für ein Antibiotikum in den späteren Phasen positiv gewichtet ist (vgl. Abschnitt 2.1.2.1).

Aus dieser strukturellen Konstellation resultiert für KMUs ein spezifischer Markt, der primär aus großen Pharmaunternehmen als potenziellen Akquisitions- oder Lizenzpartnern besteht. Eine Befragung von Årdal, Baraldi et al. (2018) unter KMUs in der frühen Antibiotikaforschung ergab, dass 71 % der Unternehmen eine Akquisition durch größere Firmen anstreben und 63 % auf eine Auslizenzierung ihrer Produkte setzen. Der präferierte Zeitpunkt für den Verkauf liegt nach Abschluss der Phase-II-Studien. Lediglich 17 % der befragten Unternehmen ziehen eine eigenständige Markteinführung in Betracht, da die hierfür notwendige Infrastruktur fehlt und der Markt angesichts geringer Renditen wenig Anreize bietet (vgl. Årdal, Baraldi et al., 2018).

Ausbleibende Kooperationen und mangelndes Interesse großer Pharmaunternehmen erzwingen jedoch zunehmend einen Strategiewandel in der Branche. Die befragten KMUs berichten von erheblichen Problemen bei der Suche nach geeigneten Kooperationspartnern. Zunehmend versuchen sie daher eigenständig in den Markt einzutreten, mit dem Ziel eigene Produktions- und Vertriebsnetzwerke aufzubauen. In einem Markt, der strukturell wenig rentabel ist, stoßen diese Ansätze jedoch regelmäßig an ihre Grenzen (vgl. Årdal, Findlay et al., 2018).

Die Innovationstätigkeit im kommerziellen Sektor wird zusammenfassend primär von KMUs getragen, die sowohl mit erheblichen Verlusten in den frühen Entdeckungsphasen als auch mit substanziellen Kapitalrisiken konfrontiert sind. Insbesondere in den initialen Phasen der Wirkstoffsuche, die überwiegend von universitärer Forschung und KMUs vorangetrieben werden, zeigen sich erhebliche Finanzierungslücken (vgl. Årdal, Findlay et al., 2018; Miethke et al., 2021). Die Beobachtungen der vergangenen Jahre zeigen eine zunehmende Anzahl von KMUs, die Antibiotikaprogramme initiieren und teilweise auch in klinische Prüfungen überführen. Aufgrund mangelnden Interesses etablierter Pharmaunternehmen und der geringen Profitabilität des Antibiotikamarktes mussten jedoch zahlreiche kleine Unternehmen ihre Entwicklungsprogramme einstellen oder Insolvenz anmelden (vgl. McKenna, 2020).

2.1.3.2 Große Unternehmen (Big Pharma)

Große Pharmaunternehmen, häufig als *Big Pharma* bezeichnet, bilden das Rückgrat der globalen Arzneimittelindustrie und unterscheiden sich grundlegend von KMUs durch ihre finanziellen und operativen Ressourcen. Die multinationalen Konzerne mit Jahresumsätzen in Milliardenhöhe verfügen häufig über umfangreiche Eigenkapitalreserven, die es ihnen ermöglichen,

bei entsprechender strategischer Priorisierung die gesamte pharmazeutische Wertschöpfungskette von der Grundlagenforschung bis zur globalen Vermarktung eigenständig abzudecken (vgl. Renwick et al., 2016).

Die Kernkompetenz großer Pharmaunternehmen liegt in ihrer institutionellen Fähigkeit zur Navigation in komplexen regulatorischen Landschaften. Sie verfügen über spezialisierte Abteilungen und etablierte Prozesse, um Wirkstoffkandidaten systematisch durch alle klinischen Studienphasen zu führen und die komplexen Anforderungen der Zulassungsbehörden zu erfüllen. Darüber hinaus verfügen sie über ausgeprägte globale Vertriebskompetenzen, die es ihnen ermöglichen, länderspezifische Gesundheitssysteme zu adressieren und diverse Vertriebskanäle von der primärärztlichen Versorgung über spezialisierte Krankenhausapotheken bis hin zur direkten Patientenbetreuung effizient zu bedienen.

Die strategische Ausrichtung großer Pharmaunternehmen folgt einer klaren ökonomischen Logik, die durch ihre Eigenschaft als meist börsennotierte Unternehmen verstärkt wird. Bei der Allokation ihrer Forschungs- und Entwicklungsressourcen müssen die Unternehmen verschiedene konkurrierende Projekte gegeneinander priorisieren und dabei ein ausgewogenes Portfolio an Entwicklungskandidaten zusammenstellen. Einer der wichtigsten Parameter für diese strategische Priorisierung ist der Nettobarwert (engl. Net Present Value (NPV)). Der NPV ermittelt den gegenwärtigen Wert eines spezifischen Entwicklungsprojekts, indem die prognostizierten zukünftigen Ausgaben und Einnahmen auf den heutigen Zeitpunkt diskontiert werden. In der pharmazeutischen Industrie wird der NPV in der Regel risikobereinigt, wobei die phasenspezifischen Erfolgswahrscheinlichkeiten eines Projekts in die Bewertung einfließen. Man spricht dann vom **Expected Net Present Value (ENPV)**, der eine realistischere Einschätzung des Projektwerts unter Berücksichtigung der entwicklungsinhärenten Unsicherheiten ermöglicht (vgl. Blau et al., 2004).

Tabelle 2.4: Darstellung der risikoadjustierten Nettobarwerte (ENPV) verschiedener Therapieklassen (eigene Darstellung, Quellen: Projan (2003), Sharma und Towse (2010), Towse und Sharma (2011))

Therapiekategorie	ENPV (in Mio. US-Dollar)
Muskuloskelettale Erkrankungen	1.150
Neurologische Erkrankungen	720
Onkologische Erkrankungen	300
Impfstoffe	160
Antibiotika	-30

Diese kapitalmarktorientierte Bewertungslogik führt zu einer Bevorzugung von Therapiegebieten, die hohe Umsatzpotenziale und lange Behandlungsdauern aufweisen. Chronische Erkran-

kungen, die eine kontinuierliche medikamentöse Therapie erfordern, werden daher strukturell gegenüber Indikationen mit kurzen Behandlungszyklen präferiert. Tabelle 2.4 illustriert diese Unterschiede anhand empirischer ENPV-Analysen verschiedener Medikamentenklassen. Während neurologische Medikamente durchschnittlich einen ENPV von +720 Millionen USD und muskuloskelettale Arzneimittel +1,15 Milliarden USD erreichen, liegt der ENPV für Antibiotika bei etwa –30 Millionen USD. Diese negative Bewertung erklärt sich durch das vorliegende Marktversagen für Antibiotika (vgl. Abschnitt 2.2.2).

Der systematische Rückzug großer Pharmaunternehmen aus der Antibiotikaforschung stellt eine Reaktion auf diese ökonomischen Rahmenbedingungen dar. Seit den 1990er-Jahren haben 18 große Pharmaunternehmen ihre Antibiotika-Entwicklungsprogramme eingestellt oder ausgliedert. In den frühen 2000er-Jahren reduzierten Aventis, Bristol-Myers Squibb, Eli Lilly, GlaxoSmithKline, Procter & Gamble, Roche und Wyeth ihre Forschungsaktivitäten drastisch, gliederten sie aus oder stellten sie gänzlich ein. Es herrschte bereits damals die Auffassung, dass es bessere Möglichkeiten gibt, Forschungsgelder zu investieren (vgl. Projan, 2003). Die jüngste Phase von Marktaustritten zwischen 2016 und 2019 umfasste AstraZeneca, Sanofi und Novartis (vgl. Plackett, 2020). Parallel zu diesem Rückzug haben große Pharmaunternehmen ihre Geschäftsmodelle grundlegend verändert und konzentrieren ihre internen F&E-Kapazitäten auf lukrativere Therapiegebiete wie die Onkologie. Gleichzeitig setzen sie verstärkt auf externe Innovation durch strategische Akquisitionen und Lizenzierungen. Diese Strategie ermöglicht eine Risikoreduktion durch den späteren Einstieg in Entwicklungsprojekte, typischerweise ab den klinischen Studien der Phase II. Die Kooperationsformen folgen dabei etablierten Mustern: vollständige Akquisitionen kleinerer Biotechnologieunternehmen oder strukturierte Lizenzierungsvereinbarungen mit gestaffelten Zahlungskomponenten, bestehend aus initialen Vorabzahlungen und erfolgsabhängigen Meilensteinprämien. Tabelle A.1 im Anhang gibt einen Überblick über verschiedene Kooperationen zwischen KMUs und großen Pharmaunternehmen auf dem Antibiotikamarkt in den vergangenen Jahren.

Die strategische Ausrichtung großer Pharmaunternehmen erzeugt strukturelle Defizite in der globalen Antibiotikaentwicklung. Während KMUs weiterhin in der frühen Wirkstoffidentifikation aktiv sind, fehlen zunehmend die institutionellen Kapazitäten für die ressourcenintensiven späten Entwicklungsphasen. Die wenigen noch aktiven Big Pharma-Akteure konzentrieren ihre verbleibenden Aktivitäten auf spezialisierte Nischensegmente mit verbesserten Profitabilitätsaussichten.

Die vorangegangene Analyse des Antibiotikamarktes offenbart ein konsistentes Bild struktureller Dysfunktionalitäten, die sich auf mehreren Ebenen wechselseitig verstärken. Der Markt ist durch eine anhaltende Innovationsstagnation gekennzeichnet, die aus dem Zusammenwirken biologischer Restriktionen, ökonomischer Fehlanreize und strategischer Rückzugsentschei-

dungen der wichtigsten Akteure resultiert. Der Wertschöpfungsprozess ist durch hohes Risiko, lange Entwicklungszeiten und erhebliche Kapitalanforderungen charakterisiert, während die erzielbaren Erträge durch restriktive Verschreibungspraktiken und ein strukturell niedriges Preisniveau systematisch begrenzt werden. Die Akteursstruktur spiegelt diese Rahmenbedingungen wider: Große Pharmaunternehmen haben sich weitgehend aus dem Markt zurückgezogen, während KMUs zwar in Teilen die Innovationstätigkeit aufrechterhalten, jedoch mit erheblichen finanziellen Restriktionen konfrontiert sind und für die kapitalintensiven späten Entwicklungsphasen zumeist auf Kooperationspartner angewiesen bleiben, die ihrerseits nur begrenztes Engagement zeigen. Die Gesamtheit dieser Faktoren legt nahe, dass die beschriebenen Defizite nicht auf einzelne Marktunvollkommenheiten zurückzuführen sind, sondern auf ein systemisches Marktversagen hinweisen, dessen ökonomische Ursachen und Implikationen im folgenden Kapitel 2.2 eingehend analysiert werden.

2.2 Ursachen und Implikationen des Marktversagens

In den vorangegangenen Abschnitten wurden die strukturellen Besonderheiten des Antibiotikamarktes umfassend dargestellt. Dabei wurde deutlich, dass sich der Markt in einer Situation befindet, in der nur wenige Unternehmen in die Antibiotikaentwicklung investieren, wobei es sich bei diesen Akteuren überwiegend um KMUs handelt, die aufgrund der geringen Rentabilität mit erheblichen finanziellen Restriktionen konfrontiert sind. Dieses Kapitel verfolgt das Ziel, die ökonomischen Ursachen dieses unzureichenden Marktgeschehens zu analysieren und zu untersuchen, inwiefern im Antibiotikamarkt ein Marktversagen vorliegt und welche Implikationen sich daraus für die Gestaltung von Anreizmechanismen ableiten lassen. Abschnitt 2.2.1 führt zunächst in die wohlfahrtsökonomischen Grundlagen von Marktversagen und Allokationspolitik ein und schafft damit das theoretische Fundament für die nachfolgende Analyse. Aufbauend darauf leitet Abschnitt 2.2.2 das spezifische Marktversagen im Antibiotikamarkt theoretisch her und identifiziert die zentralen Ineffizienzen. Abschnitt 2.2.3 führt in die Mechanismus-Design-Theorie als konzeptionellen Rahmen zur Entwicklung geeigneter Anreizstrukturen ein, bevor Abschnitt 2.2.4 die grundlegende Kategorisierung von Push- und Pull-Mechanismen erläutert. Das Kapitel schließt mit Abschnitt 2.2.5, der einen Überblick über bereits implementierte Anreizmechanismen gibt und deren bisherige Wirksamkeit kritisch bilanziert.

2.2.1 Marktversagen und Allokationspolitik aus wohlfahrtsökonomischer Sicht

Per Definition bezeichnet **Marktversagen** aus wohlfahrtstheoretischer Sicht einen Zustand, in dem der Markt nicht in der Lage ist, eine effiziente Allokation von Ressourcen herbeizuführen (vgl. Mankiw, 1998, 7 f.). Das bedeutet, dass die individuellen Entscheidungen von Konsumenten und Produzenten in dezentral organisierten Märkten nicht zum gesamtwirtschaftlich opti-

malen Ergebnis führen. Aus Lehrbuchperspektive wird Marktversagen als Abweichung vom Pareto-Optimum betrachtet, in dem niemand besser gestellt werden kann, ohne einen anderen schlechter zu stellen (Grüner, 2008, S. 31).

Typische Ursachen für Marktversagen sind:

- **Externe Effekte:** Kosten oder Nutzen, die nicht vom Verursacher getragen bzw. empfangen werden (z.B. Umweltverschmutzung, Impfungen) (Grüner, 2008, S. 35 f. Varian, 2014, S. 664 ff.).
- **Öffentliche Güter:** Güter, bei denen kein Ausschluss vom Konsum möglich ist und die nicht-rivalisierend sind (z.B. Landesverteidigung, Leuchtturm) (Grüner, 2008, S. 36 f. Varian, 2014, S. 713 ff.).
- **Marktmacht:** Einzelne Akteure können Preise und Mengen beeinflussen, sodass kein Wettbewerb herrscht (z.B. Monopole, Oligopole) (Mankiw, 1998, S. 8).
- **Asymmetrische Information:** Marktteilnehmer verfügen über ungleiche Informationen, was zu ineffizienten Ergebnissen führt (z.B. Versicherungsmarkt, Lemons-Problem) (Grüner, 2008, S. 44 ff. Varian, 2014, S. 737 ff.).

Sind die Bedingungen des vollkommenen Wettbewerbs nicht erfüllt, treten Fehlanreize und Ineffizienzen auf, die allokatonspolitische Eingriffe oder Regulierungen rechtfertigen können, um die Marktergebnisse zu verbessern. Hinsichtlich der wirtschaftspolitischen Steuerung unterscheidet man zwischen der **Ordnungspolitik** und der **Prozesspolitik** (vgl. Grüner, 2008, S. 50; Mause et al., 2018, S. 149). Die Ordnungspolitik legt die allgemeinen Spielregeln für die wirtschaftliche Betätigung der Wirtschaftssubjekte fest und bildet die Grundlage der Allokationspolitik. Sie zielt darauf ab, durch stabile und vorhersehbare Institutionen die Voraussetzungen für einen funktionsfähigen Wettbewerb zu schaffen, ohne direkt in konkrete Marktprozesse einzugreifen. Die Prozesspolitik beschreibt hingegen Maßnahmen, die direkt in die Allokationsentscheidungen der beteiligten Akteure eingreifen und zur Steuerung des wirtschaftlichen Geschehens dienen. Prozesspolitische Maßnahmen umfassen beispielsweise Preis- und Mengenregulierungen, Subventionen, staatliche Investitionen und Steuervergünstigungen.

2.2.2 Theoretische Herleitung des Versagens im Antibiotikamarkt

Der Antibiotikamarkt wird in der wissenschaftlichen Literatur von vielen Forscherinnen und Forschern als ein Fall von Marktversagen dargestellt (vgl. O'Neill, 2016; Outterson et al., 2015; Renwick et al., 2016; Spellberg et al., 2012). In diesem Abschnitt werden die Gründe hergeleitet, die zu dieser Einschätzung führen. Dabei zeigt sich, dass die spezifischen Strukturmerkmale des Antibiotikamarktes eine Reihe gleichzeitig wirkender Versagensmechanismen bedingen,

die sowohl die Entwicklung als auch den nachhaltigen Einsatz von Antibiotika beeinträchtigen und in der Konsequenz zu gesellschaftlich suboptimalen Ergebnissen führen.

Der fundamentale Grund des Marktversagens liegt in der besonderen Eigenschaft der Antibiotikawirksamkeit als gemeinsame Ressource, deren Verlust als **Tragödie der Allmende** verstanden werden kann.¹⁵ Jede individuelle Nutzung eines Antibiotikums trägt zur Entwicklung von Resistenzen bei und reduziert damit die zukünftige Wirksamkeit für alle Nutzer. Während der private Nutzen der Antibiotikabehandlung vollständig beim Individuum anfällt, werden die gesellschaftlichen Kosten der Resistenzentwicklung auf die gesamte Gesellschaft externalisiert. Die intertemporale Dimension verstärkt dieses Problem zusätzlich. Heutige Entscheidungen über Antibiotikakonsum beeinflussen die Behandlungsoptionen zukünftiger Generationen, ohne dass diese in die gegenwärtigen Marktmechanismen einbezogen werden können. Private Marktakteure haben weder Anreize noch Möglichkeiten, diese externen Effekte zu internalisieren, was zu einem systematischen Überkonsum bestehender Antibiotika führt.

Parallel zur Übernutzung bestehender Antibiotika leidet der Markt, wie in Abschnitt 2.1.1.2 dargestellt wurde, unter einer Unterinvestition in neue Antibiotikafamilien. Die Gründe hierfür lassen sich folgendermaßen analysieren:

Erstens erzeugt die Entwicklung neuer Antibiotika positive Externalitäten, die über die Zahlungsbereitschaft der Konsumenten hinausgehen. Neue Antibiotika schaffen gesellschaftlichen Wert durch Optionswerte für zukünftige Pandemien und strategische Reserven, die von privaten Unternehmen nicht vollständig angeeignet werden können. Die heutige Entwicklung von neuartigen Antibiotika lässt sich aus staatlicher Sicht als Feuerlöscher oder Versicherung betrachten, die dann zum Tragen kommen, wenn der Schadensfall – beispielsweise eine Pandemie – eintritt. Das Problem besteht darin, dass nicht bekannt ist, wann und in welcher Form der Schadensfall eintritt und die Unternehmen unter den aktuell bestehenden Marktbedingungen nicht mit einer angemessenen Versicherungsprämie entlohnt werden. Zweitens führen die Stewardship-Programme und der Reserve-Status neuartiger Antibiotika zu einer inversen Beziehung zwischen gesellschaftlichem und privatem Wert: Je wirksamer ein neues Antibiotikum ist, desto restriktiver sollte sein Einsatz gehandhabt werden, um Resistenzentwicklung zu vermeiden. Dies mindert die kommerziellen Ertragsaussichten insbesondere innovativer resistenzüberwindender Antibiotika erheblich. Drittens verstärkt das niedrige Preisniveau infolge des hohen Generikaanteils die Investitionshemmnisse. Anders als in anderen Therapiebereichen, wo Patentschutz langfristige Monopolrenten ermöglicht, sehen sich Antibiotikaentwickler einem Markt gegen-

¹⁵ Eine solche Tragödie entsteht, wenn Menschen in einer Gemeinschaft eine begrenzte, gemeinsam genutzte Ressource verschwenden, da jeder Akteur seine eigenen kurzfristigen Eigeninteressen verfolgt und die Ressource zum privaten Vorteil ausbeutet. Niemand möchte, dass die gemeinsame Ressource erschöpft wird. Doch das kollektive Verhalten der Gruppe führt genau zu diesem Ergebnis. Dieses Konzept wurde beispielsweise auf den Zusammenbruch der Fischerei aufgrund von Überfischung angewendet. Der weltweite Über- und Missbrauch antimikrobieller Medikamente zeigt ähnliche Muster (Jonas & Irwin, 2017, S. 17).

über, der von kostengünstigen Generika dominiert wird. Hohe Preise für innovative Präparate lassen sich dadurch kaum durchsetzen, da sich die Erstattungssysteme und Preisfindung meist an den vorhandenen Vergleichstherapien orientieren. Die Erwartung, dass neue Antibiotika nach Patentablauf zügig durch Generika ersetzt werden, reduziert darüber hinaus den Kapitalwert zukünftiger Einnahmen und macht Investitionen unattraktiv. Die kurze Amortisationsperiode wird zusätzlich durch die Tatsache begrenzt, dass Antibiotika im Gegensatz zu chronisch verabreichten Medikamenten meist nur über einen kurzen Zeitraum eingesetzt werden. Die Kombination aus niedrigen Preisen, kurzer Behandlungsdauer und beschränktem Absatzvolumen bietet somit aus ökonomischer Sicht kaum Grundlage für Investitionen in den Markt.

Die beschriebenen Faktoren weisen eindeutig auf ein Marktversagen hin. Die gesellschaftlichen Grenzkosten der Resistenzentwicklung übersteigen die privaten Grenzkosten, während gleichzeitig der gesellschaftliche Grenznutzen neuer Antibiotika die privaten Grenzerträge für Unternehmen übersteigt. Als Resultat ergibt sich ein Marktgleichgewicht, das nicht Pareto-effizient ist. Sertkaya et al. (2014) haben diesen Effekt in Ihrer Studie mithilfe der Berechnung eines *Social Expected Present Values* nachgewiesen. Die doppelte Verzerrung führt zu einer Allokation, bei der sowohl zu viele bestehende Antibiotika konsumiert als auch zu wenige neue Antibiotika entwickelt werden. Aus dem vorliegenden Versagen folgt die Rechtfertigung prozesspolitischer Maßnahmen, die einerseits den übermäßigen Konsum von Antibiotika einschränken und andererseits die Entwicklung neuer Antibiotika incentivieren müssen.

Zur Internalisierung der negativen Externalitäten sind Mengenregulierungen durch Verschreibungsrichtlinien, Antibiotic Stewardship Programme und weitere regulatorische Beschränkungen erforderlich. In dieser Hinsicht sind bereits viele Maßnahmen ergriffen worden, die jedoch weiter verfeinert sowie global koordiniert und eingesetzt werden müssen. Ergänzend werden von einzelnen Autoren Pigou-Steuern auf Antibiotikakonsum vorgeschlagen, um die gesellschaftlichen Kosten der Resistenzentwicklung zu internalisieren (vgl. Giubilini, 2019; Vågsholm & Höjgård, 2010).

Zur Förderung der Bereitstellung eines ausreichenden Bestands resistenzüberwindender Antibiotika sind Maßnahmen erforderlich, die Investitionen seitens der Marktakteure stimulieren. Wie solche Maßnahmen aussehen, bewertet und umgesetzt werden können, ist Bestandteil des folgenden Abschnitts 2.2.3.

Der Antibiotikamarkt verdeutlicht, wie verschiedene Faktoren zusammenwirken und ein Marktversagen erzeugen, bei dem prozesspolitische Interventionen gerechtfertigt und wohlfahrtstheoretisch geboten sind. Die Kombination aus negativen und positiven Externalitäten sowie strukturellen Innovationshemmnissen führt zu einer Situation, die sich allein durch die bestehenden Marktmechanismen nicht beheben lässt. Regulierende Eingriffe sind notwendig und als wohlfahrtsoptimierende Korrekturen eines nicht funktionierenden Marktes zu verstehen.

2.2.3 Mechanismus-Design-Theorie

Die Identifikation von Marktversagen im Antibiotikamarkt wirft die Frage auf, welche prozesspolitischen Maßnahmen zur Korrektur dieser Situation entwickelt und implementiert werden können. Die **Mechanismus-Design-Theorie** bietet hierfür das theoretische Fundament, um Anreizsysteme zu konstruieren, die auch unter den komplexen Informations- und Interessensstrukturen des Antibiotikamarktes gesellschaftlich optimale Ergebnisse hervorbringen können. Diese mikroökonomische Theorie, für die Leonid Hurwicz, Roger Myerson und Eric Maskin 2007 den Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften erhielten, bildet die theoretische Grundlage für die Entwicklung zielgerichteter Anreizsysteme, die das identifizierte Marktversagen beheben können.

Mechanismus-Design wird von Maskin (2008) als das *Engineering* der Wirtschaftstheorie bezeichnet und beschäftigt sich mit der Konstruktion von Regeln und Institutionen zur Erreichung spezifischer wirtschaftlicher Ziele. Diese Regeln werden als Mechanismus bezeichnet. Die Grundthematik besteht darin wie ein Planer (Principal) durch die Gestaltung geeigneter Regeln und Anreizsysteme das Verhalten von Individuen (Agenten) so lenken kann, dass ein gewünschtes Ergebnis erzielt wird. Besondere Herausforderungen entstehen, wenn die beteiligten Akteure über private Informationen verfügen oder Handlungen ausführen, die von außen nicht beobachtbar sind. Staatliche Eingriffe in die Wirtschaft lassen sich als Mechanismen verstehen, mit denen kollektive Ziele verfolgt werden sollen. Die Entscheidung, die Allokation von Gütern dem Markt zu überlassen, ist dabei nur eine von mehreren möglichen Ausgestaltungen. Die Frage, ob der Staat in das Marktgeschehen eingreifen oder den Markt vollständig sich selbst überlassen sollte, entspricht damit der theoretischen Frage, ob alternative Mechanismen dem Marktmechanismus überlegen sind (vgl. Grüner, 2008, 19 f.).

Das Kernkonzept des Mechanismus-Designs ist die **Anreizkompatibilität**, die erstmals von Hurwicz eingeführt wurde (vgl. Hurwicz, 1973). Ein Mechanismus ist anreizkompatibel, wenn es für jeden Teilnehmer optimal ist, seine private Information wahrheitsgemäß mitzuteilen, unabhängig von den Strategien der anderen Teilnehmer. Myerson (2008) unterscheidet zwei grundlegende Anreizprobleme: **Adverse Selection** bezeichnet das Problem, Menschen dazu zu bringen, private Informationen ehrlich zu teilen, während **Moral Hazard** das Problem beschreibt, Menschen dazu zu motivieren, versteckte Handlungen gemäß dem gesellschaftlichen Plan durchzuführen (vgl. Myerson, 2008, S. 588). Beide Probleme erfordern die Gestaltung geeigneter Anreizstrukturen, haben aber unterschiedliche Implikationen für optimale Mechanismen.

Das **Revelationsprinzip** von Myerson (2008) liefert eine grundlegende Vereinfachung für die Analyse von Mechanismen: Jedes rationale Gleichgewicht individuellen Verhaltens in jeder sozialen Institution entspricht einem anreizkompatiblen Koordinationsplan (vgl. Myerson, 2008).

Konkret bedeutet dies, dass sich jedes Gleichgewichtsergebnis eines beliebigen Mechanismus durch einen direkten, anreizkompatiblen Mechanismus replizieren lässt, bei dem Wahrheitsoffenbarung die dominante Strategie darstellt. Dieses Prinzip erlaubt Mechanismus-Designern, sich ohne Verlust an Allgemeingültigkeit auf direkte Mechanismen zu konzentrieren.

Die **Implementierungstheorie** von Maskin (2008) kehrt die traditionelle Fragestellung um: Anstatt zu analysieren, welche Ergebnisse bestehende Institutionen produzieren, beginnt sie mit gesellschaftlich gewünschten Ergebnissen und fragt, ob Mechanismen konstruiert werden können, deren Nash-Gleichgewichte genau diese Ergebnisse hervorbringen (vgl. Maskin, 2008, S. 567). Die **Maskin-Monotonie** stellt dabei eine notwendige Bedingung dar: Eine soziale Alternative, die für eine bestimmte Gesellschaft optimal ist, muss auch optimal bleiben, wenn sich die Präferenzen so ändern, dass keine zuvor schlechter bewertete Alternative vor diese gereicht wird. Neuere Entwicklungen fokussieren sich auf robuste Mechanismen, die auch bei eingeschränkter Rationalität der Teilnehmer funktionieren. Diese Entwicklung trägt der Erkenntnis Rechnung, dass viele theoretisch optimale Mechanismen in der Praxis aufgrund ihrer Komplexität oder unrealistischer Annahmen über die Rationalität der Akteure scheitern können.

In der praktischen Wirtschaftspolitik findet Mechanismus-Design breite Anwendung zur Lösung regulatorischer Probleme. Wenn Märkte aufgrund von Informationsasymmetrien, externen Effekten oder anderen Marktversagensmechanismen ineffiziente Ergebnisse produzieren, kann ein optimal gestalteter Mechanismus diese Ineffizienzen korrigieren. Regulatorische Mechanismen zielen darauf ab, private Anreize mit gesellschaftlichen Zielen in Einklang zu bringen. Dies erfordert typischerweise die Gestaltung von Belohnungs- und Bestrafungsstrukturen, die Akteure dazu incentivieren, gesellschaftlich erwünschte Handlungen zu wählen. Die Erkenntnisse des Mechanismus-Designs haben sich auch in anderen Bereichen als praktisch relevant erwiesen. Unternehmen wie Google nutzen sie zur Organisation von Online-Werbeauktionen (vgl. Aggarwal et al., 2009), E-Commerce-Plattformen wenden sie auf Preisalgorithmen an (vgl. Einav & Levin, 2014; Varian, 2010), und Regierungen verlassen sich auf sie bei der Gestaltung von Steuerpolitiken (vgl. Rees-Jones & Taubinsky, 2018).

Regulierungsmaßnahmen müssen das Spannungsfeld zwischen gesellschaftlicher Optimalität und individuellen Anreizen auflösen. Myersons Arbeiten zur Regulierung von Monopolisten mit unbekanntem Kosten demonstrieren, wie Mechanismus-Design eingesetzt werden kann, um optimale Regulierungsregime zu konstruieren, die sowohl anreizkompatibel als auch gesellschaftlich effizient sind. Die Informationsasymmetrie zwischen Regulierer und regulierten Unternehmen erfordert Anreizsysteme, die Unternehmen dazu motivieren, ihre private Information preiszugeben und gleichzeitig im gesellschaftlichen Interesse zu handeln (vgl. Myerson, 2008). Dies ist besonders relevant für Märkte mit komplexen Kostenstrukturen und schwer beobachtbaren Qualitätsmerkmalen, wie beispielsweise den Antibiotikamarkt.

Die im Antibiotikamarkt beschriebenen Anreizprobleme stellen konkrete Anforderungen an das Design optimaler Mechanismen. Aus theoretischer Sicht muss ein solcher Mechanismus mehrere Designziele gleichzeitig adressieren, die sich direkt aus den beschriebenen Herausforderungen ableiten:

- **Anreizkompatibilität:** Da nur die Unternehmen selbst ihre tatsächlichen Entwicklungskosten, Erfolgswahrscheinlichkeiten und technologischen Fähigkeiten kennen, muss der Mechanismus so gestaltet sein, dass Wahrheitsoffenbarung für die Unternehmen die beste Strategie darstellt.
- **Individuelle Rationalität:** Der Mechanismus muss für alle Beteiligten vorteilhaft sein, da Unternehmen anderenfalls gar nicht teilnehmen würden. Beispielsweise müsste der ENPV eines Antibiotikaprojekts aus Sicht eines Akteurs mindestens positiv sein, wenn dieser als alleiniges Entscheidungskriterium gelte.
- **Budgeteffizienz:** Die erwarteten gesellschaftlichen Kosten des Mechanismus dürfen den erwarteten gesellschaftlichen Nutzen nicht übersteigen.
- **Allokative Effizienz:** Angesichts knapper Ressourcen müssen diese zu den gesellschaftlich wertvollsten Antibiotikaprojekten gelenkt werden.
- **Nachhaltigkeitskompatibilität:** Der Mechanismus muss Anreize für den sparsamen Einsatz neuer Antibiotika schaffen, um deren langfristige Wirksamkeit zu erhalten.

Diese Designziele stehen in einem komplexen Spannungsverhältnis zueinander. Im Antibiotikamarkt treten die zentralen Anreizprobleme der Mechanismus-Design-Theorie besonders deutlich zutage. Das Adverse-Selection-Problem entsteht durch die asymmetrische Informationsverteilung zwischen Unternehmen und Regulierern: Die Unternehmen besitzen private Informationen über ihre tatsächlichen Entwicklungskosten, Erfolgswahrscheinlichkeiten und technologischen Fähigkeiten. Ein Unternehmen könnte beispielsweise behaupten, dass die Entwicklung eines neuen Antibiotikums 400 Millionen Euro kostet, obwohl die tatsächlichen Kosten nur 250 Millionen betragen. Ohne anreizkompatible Mechanismen würden Unternehmen systematisch ihre Kosten übertreiben oder ihre Fähigkeiten überschätzen, um bessere Konditionen zu erhalten. Gleichzeitig führt das Moral-Hazard-Problem dazu, dass Unternehmen nach Erhalt staatlicher Fördermittel ihre Forschungsanstrengungen reduzieren oder abbrechen könnten und nach Markteinführung keinen Anreiz haben, den sparsamen Einsatz ihrer Antibiotika zu fördern. Beide Herausforderungen erfordern die Gestaltung von Mechanismen, bei denen Wahrheitsoffenbarung und gesellschaftlich erwünschtes Verhalten dominante Strategien sind. Die Lösung liegt in dezentralisierten Anreizsystemen. Solche Systeme ermöglichen es Unternehmen, auf Basis ihrer privaten Informationen optimale Entscheidungen zu treffen, während effizient gestaltete Anreizstrukturen diese Entscheidungen zu gesellschaftlich erwünschten Ergebnissen lenken.

Die intertemporale Externalität der Resistenzentwicklung stellt die klassische Mechanismus-Design-Theorie vor eine zusätzliche Herausforderung. Anders als bei klassischen Externalitäten, die sich durch Steuern oder Subventionen korrigieren lassen, sind hier die zukünftigen Kosten der Resistenzentwicklung unbekannt und für jedes Antibiotikum verschieden. Ein heute entwickeltes Antibiotikum könnte durch intensive Nutzung bereits in wenigen Jahren wirkungslos werden, aber weder Unternehmen noch Regulierer können ex-ante die Höhe dieser gesellschaftlichen Kosten abschätzen. Diese Unsicherheit über die intertemporalen Kosten erfordert Anreizsysteme für Unternehmen, die nicht nur Innovation fördern, sondern auch Anreize für nachhaltigen Einsatz schaffen.

Die vorliegende Kombination aus Anreizproblemen und intertemporalen Herausforderungen verdeutlicht das komplexe Designproblem im Antibiotikamarkt. Erfolgreiche Mechanismen müssen das Adverse-Selection-Problem bei der Projektauswahl und das Moral-Hazard-Problem bei der Durchführung lösen und gleichzeitig Anreize dafür schaffen, dass Unternehmen die langfristigen gesellschaftlichen Kosten der Resistenzentwicklung berücksichtigen. Dies erfordert die Gestaltung von Anreizsystemen, die sowohl kurzfristige Innovationsanreize als auch nachhaltigen Einsatz fördern.

Die nachfolgende Analyse von Push- und Pull-Mechanismen zeigt, wie diese mechanismustheoretischen Herausforderungen in konkrete Politikinstrumente übersetzt werden können. Dabei wird deutlich, wie die Erkenntnisse der Mechanismus-Design-Theorie zur praktischen Gestaltung von Anreizsystemen beitragen, die das identifizierte Marktversagen im Antibiotikamarkt korrigieren können.

2.2.4 Push- und Pull-Mechanismen

Die Förderung von Investitionen in neue Antibiotika wird in der Literatur in zwei grundlegende Strategieansätze unterteilt: **Push- und Pull-Mechanismen** (vgl. Mossialos et al., 2010; Morel & Mossialos, 2010; Towse & Sharma, 2011). Tabelle 2.5 bietet eine exemplarische Übersicht über verschiedene Instrumente beider Ansätze, ohne dabei das breite Spektrum möglicher Anreizmechanismen vollständig abzubilden.¹⁶

Push-Mechanismen setzen in den frühen Entwicklungsphasen an und senken die Forschungs- und Entwicklungskosten für Unternehmen. Zu den wichtigsten Instrumenten gehören Forschungszuschüsse, Steueranreize, die Verbesserung des Zugangs zu Forschungsergebnissen sowie öffentlich-private Partnerschaften zur Aufteilung der F&E-Ausgaben.

¹⁶ Für eine umfassendere Betrachtung der Instrumentenvielfalt sei auf die systematische Analyse von Renwick et al. (2016) verwiesen, die insgesamt 47 verschiedene Push- und Pull-Mechanismen identifiziert und deren jeweilige Vor- und Nachteile detailliert bewertet.

¹⁷ Meilensteinprämien sind als Hybridinstrumente zu charakterisieren, da sie sowohl Pull-Eigenschaften durch die erfolgsabhängige Vergütungsstruktur als auch Push-Elemente durch die anteilige Finanzierung der F&E-Kosten während der Entwicklungsphase aufweisen.

Tabelle 2.5: Zentrale Push- und Pull-Mechanismen (eigene Darstellung)

Push-Mechanismen	Pull-Mechanismen
<i>Direkte Fördermittel</i> für F&E neuer Antibiotika.	<i>Markteintrittsprämien</i> für erfolgreiche Produktentwicklung und -zulassung.
<i>Zuschüsse und Stipendien</i> für Kapazitätsaufbau und Forscherausbildung.	<i>Abonnement-/Entkopplungsmodelle</i> (pauschale Zahlungen unabhängig vom Verbrauchsvolumen).
<i>Steuerliche Anreize</i> (Steuerzuschüssen, -freibeträge, -aufschübe) zur Reduktion der F&E-Steuerlast.	<i>Meilensteinprämien</i> ¹⁷ für Entwicklungsfortschritte.
<i>Förderung von Open-Access-Forschung</i> (öffentliche Datenspeicher, Molekülbibliotheken).	<i>Preis- und Erstattungsanpassungen</i> für wertorientierte Preisgestaltung neuartiger Antibiotika.
<i>Förderung der translationalen Forschung</i> zur Verknüpfung von Grundlagenforschung und klinischer Anwendung.	<i>Verlängerungen des geistigen Eigentums</i> (Patente, Marktexklusivität, Schutzzertifikate).
<i>Produktentwicklungspartnerschaften (PDP)</i> : Öffentlich-private Zusammenarbeit zur Risiko- und Kostenteilung.	<i>Wildcard-Patentverlängerungen</i> (übertragbar und veräußerbar).
	<i>Beschleunigte Zulassung</i> (z.B. Phase-III-Studien nach Markteinführung möglich).
	<i>Gutscheine für beschleunigte Zulassung</i> (übertragbar und veräußerbar).

Ein wesentlicher Vorteil von Push-Mechanismen liegt in ihrer zeitlichen Wirkung: Frühe finanzielle Unterstützung ist aufgrund des Zeitwerts des Geldes effektiver als gleichwertige spätere Prämien. Zudem helfen sie dabei, Markteintrittsbarrieren abzubauen und können insbesondere Unternehmen, die nur über begrenzte Kapitalressourcen verfügen, den Zugang zu späteren Entwicklungsphasen ermöglichen. Push-Mechanismen bergen jedoch auch systematische Risiken, die aus ihrer *erfolgsunabhängigen Ausschüttungsstruktur* resultieren: Da Fördergelder bereits während der Entwicklungsphase und unabhängig vom späteren Markterfolg ausgezahlt werden, können Moral-Hazard-Effekte entstehen. Das finanzielle Risiko wird teilweise auf die öffentliche Hand übertragen, während die Ertragsaussichten bei den Unternehmen verbleiben, was die Motivation zur effizienten Mittelverwendung verringern kann. Zusätzlich fehlt Push-Mechanismen die natürliche Selektion durch Marktkräfte, wodurch auch wenig vielversprechende Projekte Mittel erhalten könnten und der Innovationsdruck für Unternehmen abnimmt. Die vorab gewährte finanzielle Sicherheit kann zudem zu strukturellen Abhängigkeiten von öffentlichen Mitteln führen und Unternehmen dazu verleiten, ihre Strategien primär an Förderkriterien anstatt an tatsächlichen medizinischen Bedürfnissen auszurichten (vgl. Miethke et al., 2021; Renwick et al., 2016).

Im Gegensatz zu Push-Mechanismen belohnen **Pull-Mechanismen** ausschließlich die erfolgreiche Entwicklung und Markteinführung von Medikamenten durch die Steigerung oder Sicherung künftiger Einnahmen. Diese *erfolgsabhängige Ausschüttungsstruktur* stellt den fundamentalen Unterschied zu Push-Mechanismen dar. Pull-Mechanismen lassen sich in zwei Kategorien unterteilen, die unterschiedliche Ansätze zur Belohnung erfolgreicher Entwicklung verfolgen (vgl. Renwick et al., 2016):

Outcome-basierte Pull-Anreize bieten direkte finanzielle Belohnungen in Form von Prämien, vorzeitigen Marktverpflichtungen und Patentkäufen. Neben einmaligen Markteintrittsprämien, die Unternehmen bei erfolgreicher Zulassung eines neuen Medikaments mit einer hohen Pauschalsumme belohnen (vgl. Stern et al., 2017, S. 40), haben sich insbesondere *Abonnementmodelle- bzw. Entkopplungsmodelle* – auch als Netflix-Modelle oder de-linkage-Modelle bezeichnet – in der wissenschaftlichen Literatur als besonders vielversprechend etabliert (vgl. Årdal, Findlay et al., 2018; Brogan & Mossialos, 2013; Rex & Outtersson, 2016; Towse et al., 2017). Bei diesen Modellen sollen die Umsätze der Hersteller von der Absatzmenge teilweise oder ganz entkoppelt werden. Diese Entkopplung bietet mehrere Vorteile: Erstens werden Umsätze für Hersteller kalkulierbar und verlässlich planbar. Zweitens können aus regulatorischer Sicht neue Antibiotika problemlos in den Reserve-Status überführt werden, ohne dass dies die Einnahmen der Hersteller beeinträchtigt. Drittens entstehen für Unternehmen keine Anreize, ihr Produkt übermäßig auf dem Markt zu bewerben, um Verkaufszahlen zu steigern – ein Verhalten, das den Prinzipien des Antibiotic-Stewardship widersprechen würde. Dadurch können die Medikamente gezielt in Reserve gehalten und ausschließlich dann eingesetzt werden, wenn Resistenzlagen und medizinische Erfordernisse dies tatsächlich erfordern.

Lego-regulatorische Pull-Anreize hingegen nutzen gesetzliche Maßnahmen zur indirekten Belohnung erfolgreicher Entwickler, etwa durch verlängerte Patentlaufzeiten, beschleunigte Zulassungsverfahren, erweiterte Marktexklusivrechte oder erhöhte Erstattungspreise. Der Vorteil dieser Ansätze liegt darin, dass Regulierer keine konkreten Prämienhöhen festlegen müssen, da die Belohnung an bestehende Marktmechanismen gekoppelt ist. Dies reduziert die Informationsanforderungen für Regulierungsbehörden und ermöglicht eine marktbasiertere Bewertung des Innovationswerts. Allerdings können solche Mechanismen unerwünschte Nebenwirkungen erzeugen: Verlängerte Marktexklusivität verzögert den Markteintritt kostengünstiger Generika, was die langfristigen Gesundheitskosten erhöht und den Zugang zu wichtigen Medikamenten einschränkt.

Der zentrale Vorteil von Pull-Mechanismen liegt in der Effizienzsteigerung durch erfolgsbasierte Risikoselektion. Da das gesamte Entwicklungsrisiko bei den Unternehmen verbleibt und nur erfolgreiche Projekte belohnt werden, entstehen starke Anreize für zielgerichtetes und effizientes Arbeiten. Dies vermeidet die bei Push-Mechanismen problematische Förderung wenig vielversprechender Projekte. Jedoch bringt diese erfolgsabhängige Struktur auch Partizipations-

hürden mit sich: Das hohe finanzielle Risiko und die Unsicherheit über den Entwicklungserfolg können insbesondere KMUs mit begrenzten Kapitalressourcen von der Teilnahme abschrecken. Dies kann zu einer problematischen Konzentration auf wenige große Pharmaunternehmen führen und innovative Ansätze kleinerer Akteure ausschließen. Zusätzlich gestaltet sich die optimale Kalibrierung insbesondere von outcome-basierten Pull-Anreizen als komplex. Sie müssen ausreichend motivierend sein, um das hohe Risiko zu kompensieren, gleichzeitig aber kosteneffizient für die öffentliche Hand bleiben. Eine Studie von Outterson (2021b) untersuchte fünf verschiedene Ansätze und kam zum Ergebnis, dass jährliche Pull-Anreize in Höhe von 1,6 bis 4,2 Milliarden USD – abhängig vom gewählten Modell und davon, ob ein Wirkstoff zugekauft oder selbst entwickelt wird – nötig sind, um eine dauerhafte Versorgung resistenzüberwindender Antibiotika zu gewährleisten. Darüber hinaus dürfen Anforderungen an Pull-Mechanismen weder zu spezifisch noch zu allgemein gefasst werden. Die langfristige Verlässlichkeit und Glaubwürdigkeit staatlicher Zusagen erweist sich zudem als entscheidend für deren Wirksamkeit.

Angesichts der komplementären Stärken und Schwächen von Push- und Pull-Anreizen gewinnen hybride Strategien zunehmend an Bedeutung. Vorgeschlagene Modelle wie der Options Market for Antibiotics (vgl. Brogan & Mossialos, 2013) kombinieren Elemente beider Arten innerhalb eines Mechanismus, um sowohl frühe Entwicklungsanreize als auch erfolgsabhängige Belohnungen zu schaffen. In der Literatur wird allgemein davon ausgegangen, dass eine Kombination von Push- und Pull-Mechanismen erforderlich ist, um eine vielfältige Landschaft aktiver Entwicklungsakteure zu fördern und die Innovationsdynamik auf dem Antibiotikamarkt nachhaltig zu stimulieren (vgl. Anderson et al., 2023; Årdal, Findlay et al., 2018; Outterson, 2021b).

Ein Teil der diskutierten theoretischen Ansätze zur Überwindung des Marktversagens im Antibiotikamarkt wurde in den vergangenen Jahren in nationalen und internationalen Initiativen bereits praktisch umgesetzt. Der folgende Abschnitt gibt hierzu einen kurzen Überblick.

2.2.5 Entwicklung und Bilanz implementierter Anreizmechanismen

In den zurückliegenden Jahren wurden vor allem auf supranationaler Ebene umfangreiche öffentliche Mittel in Push-Anreize für die Antibiotikaforschung investiert (vgl. Anderson et al., 2023; Global AMR R&D Hub & WHO, 2024; Outterson & Rex, 2020). Die Europäische Union implementierte das New Drugs 4 Bad Bugs (ND4BB)-Programm im Rahmen der Innovative Medicines Initiative (IMI) mit einem Gesamtbudget von 650 Millionen Euro im Zeitraum 2014 bis 2020 (vgl. Innovative Health Initiative (IHI), o. D.; BIOCOM Interrelations, o. D.). Im Jahr 2018 wurde der IMI AMR Accelerator eingerichtet, über den bislang nahezu 500 Millionen Euro primär für die klinische Entwicklung neuer Wirkstoffe bereitgestellt wurden. Außerdem entstanden mehrere Organisationen und Netzwerke durch Beiträge einzelner Regierungen und Nichtregierungsorganisationen. Dazu zählen der Combating Antibiotic-Resistant Bacteria

Biopharmaceutical Accelerator (CARB-X, 500 Millionen USD zwischen 2016 und 2021 für präklinische Forschung) (vgl. Alm & Gallant, 2020), die Global Antibiotic Research and Development Partnership (GARDP, 270 Millionen USD zwischen 2017 und 2023 für klinische Studien) (vgl. Balasegaram & Piddock, 2020) sowie die Joint Programming Initiative on Antibiotic Resistance (JPIAMR, 234 Millionen Euro zwischen 2012 und 2024 für Projekte zu neuartigen Therapeutika und Diagnostik) (vgl. JPIAMR, o. D.). Zusätzlich trugen privatwirtschaftliche Mittel, wie das REPAIR-Programm (165 Millionen USD, 2018–2023) (vgl. Engel, 2020) oder der AMR Action Fund (eine Milliarde USD, seit 2020) (vgl. IFPMA, 2020), zur Forschungsförderung bei. Insgesamt existieren über 50 verschiedene nationale und internationale AMR-Initiativen (vgl. Årdal, Findlay et al., 2018; Patel et al., 2023; Simpkin et al., 2017). Eine Zusammenstellung der relevantesten Initiativen und Programme mit Angaben zu Laufzeit, Fördergebern und Empfängern ist in Tabelle A.2 im Anhang dargestellt. Im Allgemeinen zeichnet sich die Förderarchitektur durch Fragmentierung, begrenzte Projektlaufzeiten und eine partielle Fokussierung auf bestimmte Wertschöpfungsstufen aus.

Im Vergleich zu Push-Mechanismen fallen die Investitionen in Pull-Mechanismen deutlich geringer aus und charakterisieren sich zumeist durch nationale Einzellösungen und Pilotprogramme. In Frankreich orientiert sich die Preisregulierung an einem Stufensystem des therapeutischen Zusatznutzens und garantiert Mindestpreise auch für bestimmte Antibiotika mit geringem Nutzen (vgl. Boucaud-Maitre et al., 2021). Deutschland hat die Resistenzlage als Bewertungskriterium eingeführt und damit bestimmte Antibiotika von der üblichen Referenzpreisbildung über das AMNOG-Verfahren ausgenommen (vgl. Gemeinsamer Bundesausschuss, o. D.). England, Schweden und seit 2025 auch Italien erproben hingegen Abonnementmodelle, bei denen Hersteller feste jährliche Zahlungen anstelle oder zusätzlich zu Verkaufserlösen erhalten (vgl. Anderson & Mossialos, 2020; Italian Medicines Agency, 2025).

Die Effekte der nationalen Maßnahmen sind bislang limitiert: Die Umsatzgarantien in Schweden und England konnten den Zugang zu bestimmten neuen Präparaten verbessern, bleiben aber in ihrem Umfang und ihrer Wirkung begrenzt, weil sie häufig nur einzelne Produkte und überschaubare Budgets betreffen (vgl. Outtersson et al., 2022). Auch regulatorischen Reformen, wie die resistenzspezifische Nutzenbewertung in Deutschland, stellen nur punktuelle Verbesserungen dar und bieten keine tragfähige Struktur für den Gesamtmarkt. Zum Zeitpunkt der Niederschrift dieser Arbeit werden auf EU-Ebene im Rahmen der geplanten Überarbeitung der EU-Arzneimittelgesetzgebung vier verschiedene Pull-Mechanismen – ein Marktexklusivitäts-Voucher, ein Abonnementmodell, eine Markteintrittsprämie und Meilensteinprämien – diskutiert, deren Ausgestaltung und Umsetzung jedoch noch unklar sind (vgl. Anderson et al., 2023; Europäische Kommission, 2025).

Auch außerhalb Europas besteht eine vergleichbare Heterogenität in der Umsetzung von Pull-Mechanismen. In den USA richtet sich der GAIN Act im Kern auf regulatorische Erleichte-

rungen und verlängerte Marktmonopole (vgl. US Congress, 2011), doch zeigen empirische Analysen bisher kaum messbare Auswirkungen auf die Innovationsdynamik (vgl. Darrow & Kesselheim, 2020). In Japan und Kanada sind Abonnementkonzepte bislang im Planungsstadium, eine umfassende Evidenz zu Effekten und Skalierung liegt noch nicht vor (vgl. Global AMR R&D Hub & WHO, 2024). Eine kontinuierlich gepflegte und aufbereitete Übersicht über die verschiedenen etablierten Push- und Pull-Instrumente stellt das *Global AMR R&D Hub Dashboard* bereit (vgl. Deutsches Zentrum für Infektionsforschung e.V., o. D.).

Wie bereits in Abschnitt 2.1.1.2 verdeutlicht, führen die implementierten Anreizmechanismen bislang zu keiner nachhaltigen Trendumkehr in der Antibiotikaentwicklung. Die WHO beschreibt das Angebot kürzlich zugelassener und in Entwicklung befindlicher Antibiotika als „unzureichend“ zur Bekämpfung wachsender Resistenzbedrohungen (vgl. World Health Organization, 2022a). Die Initiativen äußern zwar politische Anerkennung für die AMR-Problematik, zeigen jedoch auch aufgrund ihrer starken Fragmentierung bislang keine ausreichende Wirksamkeit bei der Überwindung des Marktversagens. Aus diesem Grund besteht hoher Bedarf an Forschung, um eine wirksame kohärente Anreizstrategie mit nachhaltiger Wirkung zu identifizieren.

Die vorangegangenen Abschnitte haben gezeigt, dass das Marktversagen im Antibiotikamarkt nicht auf eine einzelne Ursache zurückzuführen ist, sondern aus dem Zusammenwirken mehrerer gleichzeitig wirkender Versagensmechanismen resultiert. Die Kombination aus negativen Externalitäten auf der Konsumseite, positiven Externalitäten auf der Produktionsseite sowie strukturellen Innovationshemmnissen führt zu einem Marktgleichgewicht, das sowohl durch Überkonsum bestehender Wirkstoffe als auch durch eine gesellschaftlich suboptimale Unterinvestition in neue Antibiotikaklassen gekennzeichnet ist. Die Mechanismus-Design-Theorie liefert das konzeptionelle Fundament, um prozesspolitische Eingriffe so zu gestalten, dass sie den identifizierten Anreizproblemen unter realistischen Informations- und Anreizstrukturen wirksam begegnen können. Die Analyse der Push- und Pull-Mechanismen sowie der bislang implementierten Instrumente verdeutlicht, dass beide Strategieansätze komplementäre Stärken und Schwächen aufweisen und isoliert betrachtet nicht in der Lage sind, das Marktversagen nachhaltig zu überwinden. Die bisherigen nationalen und internationalen Initiativen zeugen zwar von einer wachsenden politischen Sensibilisierung für die AMR-Problematik, bleiben in ihrer Wirkung jedoch aufgrund von Fragmentierung, begrenzten Laufzeiten und fehlender kohärenter Gesamtstrategie hinter dem erforderlichen Ausmaß zurück. Welche Forschungsansätze bislang zur Identifikation wirksamer Anreizstrukturen beigetragen haben, wo die verbleibenden Lücken liegen und wie die vorliegende Arbeit daran anschließt, wird im folgenden Kapitel 2.2.5 systematisch aufgearbeitet.

2.3 Bestehende Forschungsansätze und Ableitung der Forschungsfrage

Dieses Kapitel stellt den Stand der Forschung zu Anreizmechanismen im Antibiotikamarkt dar und arbeitet die sich daraus ergebende Forschungslücke heraus. Die bisherige Forschung lässt sich dabei in zwei Hauptstränge unterteilen, die jeweils unterschiedliche methodische Zugänge verfolgen: Abschnitt 2.3.1 gibt zunächst einen Überblick über empirisch-basierte Befragungs- und Erhebungsansätze, gefolgt von den normativ-rationalen Modellierungsansätzen, die in Abschnitt 2.3.2 vorgestellt werden. Aufbauend auf der kritischen Würdigung beider Forschungsstränge arbeitet Abschnitt 2.3.3 die bestehende Forschungslücke heraus, formuliert die konkrete Forschungsfrage dieser Arbeit und beschreibt die zentralen Kriterien sowie methodischen Anforderungen, die für deren Beantwortung erforderlich sind.

2.3.1 Empirisch-basierte Befragungs- und Erhebungsansätze

Ein Teil der Forschung zu Anreizmechanismen für den Antibiotikamarkt ist empirisch orientiert. Der Fokus dieses Forschungszweigs liegt darauf die Perspektiven, Präferenzen und praktischen Herausforderungen der unterschiedlichen Akteure des Antibiotika-Ökosystems durch systematische Befragungen, Experteninterviews und Stakeholder-Analysen zu erfassen.

Mossialos et al. (2010) kombinierten einen dreistufigen Forschungsansatz, der Policy-Analysen mit Experteninterviews und Stakeholder-Workshops verknüpft. Ihre Untersuchung für die WHO umfasste eine Dokumentenanalyse der Gesetzgebung und Strategiepapiere aus 27 europäischen Staaten, ergänzt durch 45 halbstrukturierte Tiefeninterviews mit Entscheidungsträgern aus Behörden, Kostenträgern und Industrieverbänden. Zusätzlich führten sie drei regionale Stakeholder-Workshops mit insgesamt 60 Teilnehmenden aus verschiedenen Sektoren durch. Die Ergebnisse zeigen, dass Patentverlängerungen als Anreiz insbesondere auf regulatorisch-politischer Ebene auf Widerstände stoßen und Preisanpassungen nur zeitlich begrenzte Wirksamkeit entfalten können. Als ein zentrales Problem wird außerdem die Fragmentierung der europäischen Erstattungs- und Zulassungslandschaft identifiziert, wodurch grenzüberschreitende Innovationen und Investitionen gehemmt werden und die Etablierung großflächiger Anreizmechanismen erschwert wird.

Baraldi et al. (2016) erweiterten diesen Ansatz um eine Multi-Akteur-Analyse. Ihre Studie, die auf Expertenmeetings und Gruppeninterviews beruht, bezog explizit neun verschiedene Akteursgruppen ein: Universitäten und Forschungsinstitute, kleine und mittlere Unternehmen, große Pharmaunternehmen, Zulassungsbehörden, Kostenträger, Gesundheitsversorger, nationale Gesundheitsbehörden, Patienten und supranationale Institutionen. Die zentrale Erkenntnis ist die systematische Identifikation von Akteur-spezifischen Herausforderungen für verschiedene Anreizmechanismen. So berichten Universitäten beispielsweise über hohe Bürokratie und

fehlenden Anwendungsbezug, KMUs über Ressourcenknappheit und Marktunsicherheit, Big Pharma über strategische Inkompatibilität zu bestehenden Geschäftsmodellen, und nationale Behörden über Kompetenzlücken sowie Budgetrestriktionen. Der systemische Charakter vieler Barrieren wird als Grund identifiziert, weshalb öffentlich-private Partnerschaften, Preismechanismen oder Marktexklusivitätsmodelle nur begrenzt effektiv sind, solange sie nicht auf akteursübergreifende Koordination und Unterstützung stoßen.

Simpkin et al. (2017) führten die bislang umfassendste quantitative empirische Erhebung durch, bei der 100 F&E-Verantwortliche aus kleinen Biotech-Firmen, großen Pharmaunternehmen, akademischen Instituten und öffentlichen Förderagenturen mittels einer Online-Umfrage zu sieben Anreiztypen befragt wurden. Bewertet wurden sowohl die wahrgenommene Effektivität als auch die Einschätzung zur Umsetzbarkeit. Ihre Cluster-Analyse identifizierte drei distinkte Präferenzgruppen: „Push-Befürworter“ (30 %), die direkte F&E-Zuschüsse und Steuergutschriften favorisieren, „Pull-Optimisten“ (40 %), die Markteintrittsprämien bevorzugen, und „Hybrid-Pragmatiker“ (30 %), die vor allem Abonnementmodelle präferieren. Die Ergebnisse zeigen eine Diskrepanz zwischen wahrgenommener Effektivität und praktischer Umsetzbarkeit: Während Pull-Mechanismen wie Markteintrittsprämien die höchste Effektivitätsbewertung erhielten (Mittelwert = 4,1 auf einer 5-Punkt-Skala), wurden sie aufgrund regulatorischer und finanzieller Hürden als wenig praktikabel eingeschätzt (M = 2,8). Abonnementmodelle hingegen schnitten sowohl bei der Umsetzbarkeit (M = 3,9) als auch bei der Effektivität (M = 3,8) positiv ab.

Die empirischen Studien dokumentieren die Unterschiede in der Anreizbewertung zwischen verschiedenen Akteuren. Push-Mechanismen wie F&E-Zuschüsse und Steuererleichterungen werden von akademischen Instituten und kleinen Unternehmen als kurzfristig umsetzbar und hilfreich bewertet, während Patentverlängerungen von diesen Akteuren deutlich skeptischer eingeschätzt werden als von großen Pharmaunternehmen, was die unterschiedlichen Geschäftsmodelle und Zeithorizonte widerspiegelt. Big Pharma-Akteure bevorzugen Pull-Mechanismen mit hohen Belohnungssummen, die ihre Investitionen und langen Entwicklungszyklen rechtfertigen können, wohingegen kleine Biotech-Unternehmen Push-Mechanismen und hybride Modelle präferieren, die sie früh finanziell unterstützen und das Risiko mindern. Die Erkenntnisse unterstreichen die Notwendigkeit differenzierter Anreizgestaltung, die den unterschiedlichen Bedürfnissen und Kapazitäten verschiedener Akteure Rechnung tragen. Aus diesem Grund kommen auch alle Studien zu dem Entschluss, dass eine Anreizstrategie, die verschiedene Mechanismen kombiniert gegenüber einzelnen Mechanismen bevorzugt werden sollte. Die empirische Forschung hat damit eine evidenzbasierte Grundlage für die theoretischen Modellierungsansätze zur konkreten Gestaltung von Anreizmechanismen geschaffen, die im folgenden Abschnitt vorgestellt werden.

2.3.2 Normativ-rationale Modellierungsansätze

Ein Großteil der Forschung zu Anreizmechanismen für den Antibiotikamarkt basiert auf normativ-rationalen Ansätzen, die auf den Grundprinzipien der neoklassischen Ökonomie und des Rationalmodells aufbauen. Diese Ansätze gehen von der zentralen Annahme aus, dass Pharmaunternehmen als rationale Akteure ihre Investitionsentscheidungen auf der Grundlage von objektiven Kosten-Nutzen-Kalkulationen treffen und dabei das Ziel der Gewinnmaximierung verfolgen.

Normativ-rationale Ansätze verwenden den erwarteten Nettokapitalwert (ENPV) als zentrales Entscheidungskriterium rationaler Pharmaunternehmen. Der ENPV repräsentiert die Summe aller erwarteten, auf den Gegenwartswert diskontierten Einnahmen eines Projekts abzüglich der entsprechend diskontierten Ausgaben, adjustiert um die jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeiten und Entwicklungsrisiken. Es ist insbesondere bei großen Pharmaunternehmen gängige Praxis verschiedene Wirkstoffprojekte anhand des ENPV zu vergleichen (vgl. Blau et al., 2004; Ciabuschi et al., 2020). Die Kennzahl wurde bereits von Blau et al. (2004) zur Modellierung von Entscheidungsprozessen bei Pharmaunternehmen verwendet. Anreizmechanismen werden in diesen Modellen als Instrumente konzeptualisiert, die den ENPV von Antibiotikaprojekten verbessern und damit rationale Investitionsentscheidungen für den Beginn eines Antibiotikaprojekts ermöglichen sollen. Im Folgenden werden die wichtigsten, auf dieser Methodik beruhenden Forschungsstudien in zeitlich chronologischer Reihenfolge vorgestellt.

Sertkaya et al. (2014) entwickelten ein umfassendes ENPV-Framework zur quantitativen Bewertung von Anreizmechanismen für die Antibiotikaentwicklung. Die methodische Grundlage bildet ein Entscheidungsbaum-Modell, das alle Entwicklungsphasen von der präklinischen Forschung bis zur Markteinführung systematisch abbildet. Für sechs bakterielle Infektionsarten wurden phasenspezifische Parameter wie Kosten, Erfolgswahrscheinlichkeiten und Entwicklungsdauern empirisch modelliert. Die Autoren führten Sensitivitätsanalysen mit Monte-Carlo-Simulationen durch, um die Robustheit ihrer Ergebnisse unter verschiedenen Parameterannahmen zu testen. Im Ergebnis zeigt sich, dass keine der sechs betrachteten Indikationen einen ENPV höher als die angenommene notwendige Schwelle von 100 Millionen USD erreicht und zwei der sechs Indikationen sogar einen negativen ENPV aufweisen. In der Studie wurden daraufhin Patentverlängerungen, Steueranreize, beschleunigte Studien- und Zulassungsverfahren sowie Forschungsförderungen bzw. Meilensteinprämien während des Wertschöpfungsprozesses sowie Markteintrittsprämien als Anreizmodelle innerhalb einer Monte-Carlo-Simulation untersucht. Es zeigt sich, dass Patentverlängerungen, Steueranreize und beschleunigte Verfahren zu keiner ausreichenden ENPV-Steigerung führen und lediglich Zahlungen während oder nach einer Antibiotikaentwicklung einen ENPV über der kritischen Schwelle erzeugen und damit Akteure zur Wirkstoffentwicklung bewegen können. Sertkaya et al. (2014) haben in ihrer Studie außerdem ein Social Expected Present Value (sEPV)-Framework entwickelt, das gesellschaftli-

chen Nutzen durch Quality Adjusted Life Years (QALYs) monetarisiert. Im Resultat zeigt sich, dass der gesellschaftliche Wert die privaten Renditen deutlich übersteigt, was das Marktversagen bestätigt und das Rational für staatliche Anreizmechanismen fundiert.

Towse et al. (2017) entwickelten basierend auf der Methodik von Mestre-Ferrandiz et al. (2012) ein deterministisches ENPV-Modell mit nachgelagerter zweifaktorieller Sensitivitätsanalyse, das Entwicklungskosten mit Nachfrage- und Erlösschätzungen auf Basis von Resistenzdaten kombiniert und explizit drei Anreizmechanismen vergleicht: öffentliche F&E-Förderung mit beschleunigten klinischen Studien, ein Premium-Preis-Modell und das eigens entwickelte „Versicherungsmodell“ – in Abschnitt 2.2.4 als Abonnement- bzw. Entkopplungsmodell vorgestellt. In ihrer Studie modellieren sie ein hypothetisches Antibiotikum gegen multiresistente Erreger und berücksichtigen mithilfe eines Entscheidungsbaum-Modells die Entwicklungsphasen und -kosten von der präklinischen Forschung bis zur Markteinführung sowie 20 Jahre post-registrierte Erlöse. Die wirtschaftliche Rentabilität wurde an einem Ziel-ENPV von 100 Millionen USD gemessen. Die Ergebnisse zeigen, dass der Base-Case – ohne Anreizmechanismus – einen negativen ENPV aufweist. Auch die öffentliche Förderung bestehend aus öffentlich-privaten Partnerschaften, beschleunigter Zulassung und fünfjähriger Marktexklusivitätsverlängerung kann in dem Modell keinen positiven ENPV erreichen. Das Premium-Preis-Modell und das Versicherungsmodell können hingegen ENPVs oberhalb der definierten Schwelle erreichen. Beim Premium-Preis-Modell zeigt jedoch die Sensitivitätsanalyse – durch unbekannte Absatzmengen – hohe Volatilität, was Planungsunsicherheit für Kostenträger bedeutet. Das vorgeschlagene Versicherungsmodell zeigt in der Sensitivitätsanalyse eine Variation von nur 15 % der jährlichen Gebühren unter verschiedenen Resistenzszenarien. Es wurde basierend auf einer jährlichen globalen Pauschalgebühr modelliert, kombiniert mit absatzabhängigen Zahlungen oberhalb der Generikapreise über zehn Jahre. Die Studie argumentiert, dass das Versicherungsmodell sowohl Herstellern als auch Kostenträgern Risikominderung bietet, während es gleichzeitig Antibiotic Stewardship durch die Entkopplung von Erlösen und Nutzungsvolumen fördert. Das Abonnementmodell gilt daher seither als anerkannter und vielversprechender Pull-Mechanismus.

Okhravi et al. (2018) erweiterten den Fokus normativ-rationaler ENPV-Modelle um ein agentenbasiertes Monte-Carlo-Simulationsmodell, das die Heterogenität von Akteuren und Entscheidungsprozessen explizit abbildet. Getestet wurden vollständig und teilweise entkoppelte Markteintrittsprämien. Das Simulationsmodell basiert auf ENPV-Kalkulationen für einzelne Projekte entlang aller F&E-Phasen (Prälinik, klinische Studien I-III, Markteintritt), wobei stochastisch sowohl technische Misserfolgsrisiken als auch Finanzierungs- und Eigentumsübergänge (z.B. Venture Capital (VC), Erwerb durch Big Pharma) abgebildet werden. Die Studie nutzt Dreiecksverteilungen für Parameter wie Entwicklungswahrscheinlichkeiten, Kosten, Erlöse und Diskontsätze, deren Bandbreiten auf Basis der Studie von Sertkaya et al. (2014) ent-

wickelt und mit Experten des DRIVE-AB-Projekts validiert wurden (vgl. Årdal, Findlay et al., 2018). Insgesamt werden 90.000 Projektdurchläufe simuliert, um die Auswirkungen verschiedener Markteintrittsprämien auf die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Marktzulassung (Likelihood of Market Approval (LOMA)) eines Antibiotikums zu analysieren und den Einfluss verschiedener Parameter zu quantifizieren. Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse zeigen, dass die erwarteten Markterlöse den größten Einfluss auf die LOMA haben, gefolgt von Diskontsätzen für VC-Finanzierungen sowie den Gewinnschwellen von Big Pharma-Akteuren. Sowohl voll- als auch teilkoppelte Markteintrittsprämien steigern die LOMA signifikant, wobei sich zeigt, dass ab einer gewissen Förderhöhe abnehmende Grenznutzen auftreten. Des Weiteren zeigt sich, dass eine Kombination aus Forschungsförderungen und Markteintrittsprämien zu einer effizienteren Erreichung der LOMA-Ziele führt als alleinige Markteintrittsprämien. Mit ihrem Ansatz leisteten Okhravi et al. (2018) einen wichtigen Beitrag zur Gestaltung von Pull-Anreizen für Antibiotika, indem sie neben dynamischen Marktrahmenbedingungen auch individuelle Akteurslogiken innerhalb eines ENPV-Modells realitätsnäher abbilden. Eine weitere Studie von Okhravi (2020) erweitert diese Forschung, indem sie mittels Monte-Carlo-Simulation die Kosteneffizienz direkter öffentlicher Finanzierung mit indirekter Finanzierung durch Markteintrittsprämien vergleicht. Die Ergebnisse zeigen, dass frühe Prämien (Phase 1-2) kosteneffizient sind, während bei späten Pull-Anreizen (Phase 3 bis Markteintritt) die direkte öffentliche Finanzierung deutlich günstiger ist und Kosteneinsparungen von bis zu 1,9 Milliarden USD pro Antibiotikum möglich sind.

Ciabuschi et al. (2020) erweitern den normativ-rationalen Ansatz um das Entrepreneurial Orientation Framework (vgl. Avlonitis & Salavou, 2007; Jiang et al., 2018; Lumpkin & Dess, 1996) und untersuchen erstmals systematisch, wie verschiedene Anreizmechanismen die Innovationsorientierung und Leistung von KMUs und Big Pharma-Akteuren im Antibiotikamarkt beeinflussen. Mittels eines agentenbasierten Monte-Carlo-Simulationsmodells werden drei Anreizmechanismen analysiert: Forschungsförderungen (Push-Anreiz), Markteintrittsprämien (Pull-Anreiz) und Phase-1-Meilensteinprämien (Hybrid-Anreiz). Das Simulationsmodell berücksichtigt die Heterogenität zwischen KMUs und Big Pharma durch unterschiedliche Kapitalzugangsbedingungen und Gewinn- bzw. ENPV-Schwellen. In 100.000 Simulationsdurchläufen werden fünf Wertschöpfungsstufen (Präklinik bis Markteintritt) mit stochastischen Risiko- und Kostenparametern modelliert, wobei die Fortsetzung von Projekten innerhalb der Wertschöpfung vom ENPV (in der Studie als risk-adjusted Net Present Value (rNPV) bezeichnet) abhängt, der eine firmenspezifische Gewinnschwelle überschreiten muss. Die Ergebnisse zeigen signifikante Unterschiede in der Anreizwirkung zwischen den verschiedenen Akteurstypen und Entwicklungsphasen. Forschungsförderungen steigern die Innovativität von KMUs stärker als die von Big Pharma, während Markteintrittsprämien für Big Pharma effektiver sind. Bei allen Anreiztypen treten abnehmende Grenznutzen bei steigender Förderhöhe auf. Hinsichtlich Effizienz und Ef-

ektivität erweisen sich Phase-1-Meilensteinprämien als am effizientesten (niedrigste Ausgaben pro zusätzlichem innovativen Projekt), während Markteintrittsprämien die höchste Effektivität (größter Zuwachs an Projekten) aufweisen. Es zeigt sich außerdem, dass Big Pharma-Akteure deutlich höhere Markteintrittsprämien benötigen als KMUs, um vergleichbare Innovationssteigerungen zu erzielen. Die Studie liefert damit erstmals eine differenzierte Grundlage für die zielgruppenspezifische Gestaltung von Anreizmechanismen. Sie zeigt, dass eine effektive Innovationspolitik für Antibiotika sowohl die Unternehmensheterogenität als auch die phasenspezifischen Wirkungen verschiedener Anreiztypen berücksichtigen muss, um die Innovationsdynamik im Antibiotikamarkt bestmöglich fördern zu können.

Die analysierten Studien verdeutlichen zum einen, wie sich die Forschung zu Anreizmechanismen im Antibiotikamarkt im vergangenen Jahrzehnt kontinuierlich weiterentwickelt hat. Stetig wurden neue Erkenntnisse und relevante Parameter in die Modelle integriert, was zunehmend fundierte und differenzierte Analysen ermöglichte. Zum anderen wird deutlich, dass das zentrale Ziel darin besteht, die Rentabilität für forschende und entwickelnde Unternehmen zu verbessern, das „Wie“ jedoch nicht auf der Hand liegt. Vielmehr existiert eine Vielzahl möglicher Anreizdesigns, deren jeweilige Wirkungsmechanismen sich unterscheiden und differenziert betrachtet werden müssen. Daraus wird ersichtlich, dass die Identifikation einer geeigneten Anreizstrategie eine komplexe Herausforderung darstellt, die von einer Vielzahl an Parametern beeinflusst wird. Gleichwohl werden Entscheidungen in Unternehmen nicht ausschließlich – wie von den Studien impliziert – auf Basis von Parametern oder einem einzelnen ökonomischen Wert wie dem ENPV getroffen. Vielmehr sind Entscheidungsprozesse vielschichtig, wobei auch verhaltensökonomische und psychologische Faktoren maßgeblichen Einfluss nehmen. Aus dem Zusammenspiel von normativ-rationalen, auf ENPV-Modellen basierenden Ansätzen und verhaltenswissenschaftlich geprägten Entscheidungsprozessen ergibt sich das Forschungsinteresse dieser Arbeit, das im folgenden Abschnitt eingehend erläutert wird.

2.3.3 Identifizierung der Forschungslücke und Formulierung der Forschungsfrage

In den beiden vorangegangenen Abschnitten dieses Kapitels wurde das Forschungsgebiet rund um Anreizmechanismen für den Antibiotikamarkt beleuchtet. Es wurde deutlich, dass die beiden Forschungszweige – empirische Befragungen und Erhebungen sowie normativ-rationale Modellierungen – jeweils wichtige, aber unterschiedliche Erkenntnisse zur Forschung beitragen. Während die Empirie unerlässlich ist, um die Herausforderungen und Probleme der verschiedenen Akteure zu identifizieren und ein Verständnis für Abläufe und Prozesse zu erlangen, eignet sie sich weniger dazu, eine präzise und kohärente Anreizstrategie zu entwickeln: Einerseits können empirische Ergebnisse aus Stakeholder-Konsultationen durch soziale Erwünschtheit und Rückblickverzerrungen beeinflusst sein. Andererseits besteht häufig eine Diskrepanz

zwischen dem, was Akteure angeben tun zu wollen, und dem, was sie tatsächlich tun. Dadurch lässt sich nur schwer verlässlich vorhersagen, wie Akteure auf neuartige, bislang ungetestete Anreize reagieren.

Die Forschung zu normativ-rationalen Modellierungen setzt an diesem Punkt an: Sie versucht abzubilden, wie Marktakteure auf verschiedene Anreizmechanismen reagieren. Die Modelle nutzen dafür den in der Pharmaindustrie verbreiteten ENPV als zentrales Entscheidungskriterium, um eine Prognose über die Entscheidung für oder gegen den Beginn eines Antibiotikaprojekts zu treffen. Sie bedienen sich außerdem des Ansatzes, Anreize entlang des idealtypischen Wertschöpfungsprozesses eines Arzneimittels logisch zu modellieren, und spiegeln mit zahlreichen Parametern (Phasenkosten, -risiken und -dauern, Diskontierungssätze, Umsatzvorhersagen, etc.) die Realität bereits in wesentlichen Aspekten wider. Darüber hinaus wurden die Modelle im Zeitverlauf fortlaufend weiterentwickelt, um auch akteursspezifische Merkmale – wie die Differenzierung zwischen KMU und Big Pharma – abzubilden. Was diese Modelle jedoch nicht leisten können, ist die Simulation des tatsächlichen Entscheidungsverhaltens von Akteuren. Hier stoßen computerbasierte Modellierungen an ihre Grenzen. Und genau dort, wo sich die Grenzen der theoretischen Modellwelt auftun, öffnet sich die Welt der experimentellen Wirtschaftsforschung.

Die experimentelle Wirtschaftsforschung, die von Sauermann und Selten (1959) auf den Weg gebracht und durch die Prospect Theory von Kahneman und Tversky (1979) entscheidend vorangetrieben wurde, hat sich zu einem essenziellen Werkzeug der modernen Ökonomik entwickelt (vgl. Cassar & Friedman, 2004; Falk & Heckman, 2009). Sie hat das Spektrum der Möglichkeiten, wirtschaftliches Verhalten zu untersuchen und theoretische Annahmen zu überprüfen, deutlich erweitert. Ein großer Vorteil der experimentellen Methode liegt darin, ökonomische Entscheidungssituationen unter kontrollierten Bedingungen zu untersuchen und durch die Variation relevanter Variablen kausale Zusammenhänge zu identifizieren, die in der Realität in der Regel nicht isolierbar sind (vgl. Davis & Holt, 1993). Da in der ökonomischen Theorie die Modellannahmen explizit formuliert sind und aus den Modellen eindeutige Hypothesen hervorgehen, wie sich Individuen unter gegebenen Bedingungen (theoretisch) verhalten, eröffnet sich für Experimente die ideale Möglichkeit diese Hypothesen zu überprüfen (vgl. Hertwig & Ortmann, 2001). Darüber hinaus erlaubt die experimentelle Forschung nicht nur die Überprüfung bestehender Theorien, sondern auch die explorative Suche nach stilisierten Fakten und die Entdeckung von Verhaltensregelmäßigkeiten, die noch nicht theoretisch erklärt sind. Explorative Experimente können zudem aufzeigen, wie sich deskriptiv erfolgreiche Verhaltenstheorien gestalten lassen. (vgl. Weimann & Brosig-Koch, 2019).

Die experimentelle Wirtschaftsforschung bildet demnach eine Brücke zwischen normativer Theorie und Verhaltensökonomik. Sie ermöglicht es, sowohl die Vorhersagen des neoklassischen Rationalmodells zu testen als auch Abweichungen davon zu dokumentieren. Wenn sich

Individuen nicht gemäß theoretischer Verhaltensannahmen verhalten, ist die Theorie – trotz interner Konsistenz – korrekturbedürftig.

Schließlich leistet die experimentelle Forschung auch einen zentralen Beitrag zur Politikberatung und zum institutionellen Design. Von Frequenzauktionen (vgl. Milgrom, 1998) und Energiemärkten (vgl. Wilson, 2002) bis zu Emissionshandel (vgl. Sturm & Weimann, 2007) werden neue Marktmechanismen im Labor getestet, bevor sie in der realen Wirtschaft implementiert werden. Diese praktische Anwendung unterstreicht, dass experimentelle Ökonomik nicht nur theoretische Erkenntnisinteressen bedient, sondern auch konkrete Lösungsvorschläge für wirtschaftspolitische Herausforderungen liefert.

Aus den vorangegangenen Punkten wird deutlich, weshalb die experimentelle Methode besonders geeignet ist, im Feld der Anreizforschung zum Antibiotikamarkt Anwendung zu finden. Sie eröffnet die Möglichkeit, die bestehenden Erkenntnisse aus der Forschung zum normativ-rationalen Ansatz und seinen ENPV-Modellen, um den „Faktor Mensch“ zu erweitern. Da bislang keine Studien bekannt sind, die einen experimentellen Ansatz in diesem Forschungsfeld verfolgen, ergibt sich hieraus eine Forschungslücke, die die Motivation dieser Arbeit begründet. Das Forschungsziel besteht darin, Erkenntnisse darüber zu gewinnen, welchen Einfluss verschiedene Anreizmechanismen auf das menschliche Verhalten haben. Dabei sollen die bisherigen Befunde aus der empirischen und normativen Forschung aufgegriffen und integriert werden. Insbesondere sollen die strukturellen Elemente der bestehenden Modelle – etwa der mehrstufige Wertschöpfungsprozess und die Möglichkeit, zwischen einzelnen Stufen gezielt Anreize zu setzen – sowie zentrale Parameter wie Kosten, Risiken und Erlöse, einschließlich der Differenzierung zwischen KMU und Big Pharma, in die experimentelle Untersuchung einfließen. Die experimentelle Studie soll folgende Forschungsfrage beantworten:

Wie beeinflusst die Ausgestaltung unterschiedlicher Anreizmechanismen das Investitions- und Kooperationsverhalten von KMUs und großen Pharmaunternehmen, und welche Anreizdesigns erweisen sich im Hinblick auf Effektivität, wohlfahrtsökonomische Effizienz und Kosteneffizienz als besonders wirkungsvoll?

Im Zentrum der Untersuchung soll jedoch nicht die Frage stehen, welchen Einfluss die Höhe von Anreizmechanismen auf das Entscheidungsverhalten hat. Dieser Zusammenhang wurde in der Literatur bereits ausführlich behandelt, wobei sich ein weitgehend triviales Ergebnis zeigt: Je höher die Anreize, desto größer die Investitionsbereitschaft. Stattdessen soll untersucht werden, wie sich unterschiedliche zeitliche und strukturelle Verteilungen von Anreizen entlang des Wertschöpfungsprozesses sowie bestimmte Kombinationen von Mechanismen auf das Entscheidungsverhalten auswirken. Ziel ist es, Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie Anreize weitgehend unabhängig von ihrer direkten Beeinflussung des ENPV so gestaltet werden kön-

nen, dass ihre Wirkung maximiert wird. Die Forschungsfrage soll dabei unter Berücksichtigung der folgenden drei zentralen Zielkriterien beantwortet werden:

- **Maximale Effektivität:** Es soll ermittelt werden, welche Anreizdesigns die höchste Effektivität aufweisen und die Zahl neu initiiertes Antibiotikaprojekte maximieren.
- **Wohlfahrtsökonomische Effizienz:** Es soll ermittelt werden, welche Anreizdesigns eine effiziente Allokation entlang des Antibiotika-Wertschöpfungsprozesses erreichen und die Zahl an Kooperationen maximieren.
- **Kosteneffizienz:** Es sollen lediglich Anreizdesigns verglichen werden, die aus regulatorischer Sicht kosteneffizient sind.

Im Sinne der Mechanismus-Design-Theorie sollen also jene Mechanismen bzw. Mechanismuskombinationen identifiziert werden, die die Spielregeln für den Antibiotikamarkt so beeinflussen, dass aus Spielleiter- (regulatorischer) Sicht eine anreizkompatible, effektive wie auch effiziente Allokation von Ressourcen geschaffen wird, die das bestehende Marktversagen im Antibiotikamarkt überwindet.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage unter Berücksichtigung der formulierten Zielkriterien ist die Abbildung der relevanten Entscheidungssituationen in einem geeigneten Modell erforderlich. Dies erfolgt mittels eines ENPV-basierten Ansatzes, der die ökonomischen Rahmenbedingungen und Entscheidungsmöglichkeiten der Akteure im Antibiotikamarkt realitätsnah abbildet. Auf dieser Grundlage werden die zu testenden Anreizdesigns identifiziert sowie das experimentelle Untersuchungsdesign entwickelt. Der folgende Teil dieser Arbeit widmet sich dieser konzeptionellen und methodischen Ausgestaltung sowie der Umsetzung der Modellierung und experimentellen Untersuchung.

3 Entwicklung des Antibiotika-Fördermodells und Konzeptionierung der experimentellen Untersuchung

Dieser Teil der Arbeit widmet sich dem methodischen Kern der Untersuchung und beschreibt die Herangehensweise zur Beantwortung der Forschungsfrage. Kapitel 3.1 behandelt die Konzeption des Antibiotika-Fördermodells, das die drei Zielkriterien der Forschungsfrage – Effektivität, wohlfahrtsökonomische Effizienz und Kosteneffizienz – aufgreift. Auf dieser Grundlage wird ein ENPV-Modell entwickelt, mit dessen Hilfe der Antibiotikamarkt abgebildet und spezifische Anreizdesigns für die experimentelle Testung identifiziert werden. Anschließend widmet sich Kapitel 3.2 dem Design, der Implementierung und der Durchführung der experimentellen Untersuchung, welche die verschiedenen Anreizdesigns im Hinblick auf die genannten Zielkriterien testet. Der Teil schließt mit der Entwicklung der Thesen und Hypothesen zu den Wirkungen der Anreizdesigns auf die Investitions- und Kooperationsentscheidungen im Rahmen des Experiments.

3.1 Konzeption des Antibiotika-Fördermodells

Dieses Kapitel stellt die Entwicklung des Antibiotika-Fördermodells vor, das als theoretische Grundlage für die Identifikation geeigneter Anreizdesigns für die experimentelle Untersuchung dient. Abschnitt 3.1.1 formuliert zunächst die zentralen Anforderungen an das Modell und definiert damit das grundlegende konzeptionelle Rahmenwerk. Im anschließenden Abschnitt 3.1.2 wird entlang der bestehenden Forschungsliteratur das grundlegende ENPV-Modell dargestellt, das als Basis für die anschließende Modellierung des Antibiotika-Fördermodells fungiert. In Abschnitt 3.1.3 wird das Modell erweitert und spezifiziert, sodass es als Optimierungsmodell zur Identifizierung konkreter Anreizdesigns für die experimentelle Testung herangezogen werden kann. Der abschließende Abschnitt 3.1.4 parametrisiert das Modell mit spezifischen empirischen Parametern und leitet daraus diejenigen Anreizdesigns ab, die im Experiment untersucht werden.

3.1.1 Grundlegende Anforderungen und Rahmenbedingungen

Ziel der folgenden Modellierung ist es, ein analytisches Rahmenwerk zu entwickeln, das den Antibiotikamarkt in seiner ökonomischen und institutionellen Komplexität hinreichend fein für

den erforderlichen Zweck abbildet, die drei entwickelten Zielkriterien einbezieht und zugleich hinreichend handhabbar bleibt. Gemäß des Prinzips „so groß wie nötig, so klein wie möglich“ soll das Modell jene Elemente integrieren, die für die Erklärung der zentralen Marktmechanismen und Entscheidungsprozesse relevant sind, während auf übermäßige Komplexität verzichtet wird.

Das Antibiotika-Fördermodell sollte sich konzeptionell an den bestehenden, in Abschnitt 2.3.2 vorgestellten ENPV-Modellen in der Literatur orientieren und die Gliederung entlang des idealtypischen Wertschöpfungsprozesses der Antibiotikaentwicklung übernehmen. Diese Orientierung erlaubt eine konsistente Nachbildung der finanziellen und risikobezogenen Entscheidungsdynamiken in den Entwicklungsphasen und schafft zugleich eine Grundlage, um verschiedene Anreizmechanismen zu integrieren und deren Wirkung auf Investitionsentscheidungen zu analysieren. Darüber hinaus gewährleistet der Bezug auf bestehende ENPV-Modelle den Anschluss an die bisherige Literatur und ermöglicht eine experimentelle Überprüfung deren zentraler Thesen. Dabei muss das Modell in der Lage sein, sowohl vor- als auch nachgelagerte Anreize entlang der Wertschöpfungsstufen abzubilden, um unterschiedliche Gestaltungsoptionen von Push- und Pull-Mechanismen vergleichend prüfen zu können. Insbesondere sollten aktors- und phasenspezifische Kosten, Risiken, Dauern und Erlöse integriert werden, um die ENPV-basierte Bewertung aus der Perspektive einzelner Akteure realitätsnah abzubilden. Um die Heterogenität der Antibiotikaentwicklung abzubilden, sollte zwischen kleinen und mittleren Pharma- und Biotechologienunternehmen (KMU) sowie großen Pharmaunternehmen (Big Pharma) differenziert werden, damit komparative Aussagen zur Rentabilität und Responsivität verschiedener Anreizdesigns je Akteursgruppe getätigt werden können.

Darüber hinaus sollte das Modell die Möglichkeit strategischer Interaktionen, insbesondere in Form von Kooperationen zwischen den Akteursgruppen integrieren. Hierbei sollte der potenzielle Transfer von Patenten während des Wertschöpfungsprozesses berücksichtigt werden, wodurch untersucht werden kann, ob und unter welchen Bedingungen wohlfahrtsökonomisch effiziente Entwicklungsergebnisse erzielt werden können.

Ein zentrales Element des Modells sollte schließlich die Berücksichtigung regulatorischer Kosten aus der Perspektive der öffentlichen Hand bilden. Diese resultieren aus der Bereitstellung und Finanzierung von Anreizzahlungen, die ebenso unter Beachtung eines regulatorischen Diskontierungssatzes und spezifischen Eintrittswahrscheinlichkeiten abgebildet werden müssen. Das Optimierungsziel des Modells besteht insofern darin, die gesellschaftlichen Kosten der Regulierung zu minimieren, während gleichzeitig die privatwirtschaftlichen Investitionsanreize ausreichend gestärkt werden. Dadurch soll ermöglicht werden, die Effizienz verschiedener Anreizkombinationen quantitativ bewerten zu können.

Abschließend sollte das Modell so konzipiert sein, dass es in einem verhaltensökonomischen Experiment empirisch überprüfbar ist. Die Modellarchitektur soll es ermöglichen, Entschei-

dungssituationen realitätsnah abzubilden und die Wirkung alternativer regulatorischer Anreizdesigns auf individuelle Strategien und kollektive Ergebnisse experimentell zu erfassen.

3.1.2 Das ENPV-Modell als Modellbasis

Grundlegend orientiert sich die Modellierung an den in der Literatur etablierten ENPV-Modellen, um eine Anschlussfähigkeit herzustellen. Diese bestimmen den erwarteten Kapitalwert eines Projekts unter Berücksichtigung unsicherer Erfolgswahrscheinlichkeiten über mehrere Perioden hinweg. Der ENPV ergibt sich hiermit als diskontierte Summe der erwarteten Zahlungsströme einer Investition, gewichtet mit den jeweiligen Erfolgswahrscheinlichkeiten (vgl. Ciabuschi et al., 2020; Okhravi et al., 2018):

$$ENPV = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t P_0}{(1+r)^t \tilde{P}_t}$$

Hierbei bezeichnet CF_t den Cashflow in Jahr t , r den Diskontierungsfaktor, \tilde{P}_t die Wahrscheinlichkeit, ab Periode t alle verbleibenden Perioden erfolgreich zu absolvieren, und P_0 die Gesamtwahrscheinlichkeit, den Endpunkt des Modells (N) zu erreichen.

Da der Projekterfolg in jeder Periode von der erfolgreichen Absolvierung der vorangegangenen Phasen abhängt, ergibt sich die aggregierte Wahrscheinlichkeit P_0 als Produkt der Einzelwahrscheinlichkeiten p_t über alle Perioden:

$$P_0 = \prod_{t=0}^N p_t = p_0 \cdot p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_N$$

Entsprechend beschreibt P_t die Wahrscheinlichkeit, vom Zeitpunkt t ausgehend den Endpunkt zu erreichen:

$$\tilde{P}_t = \prod_{i=t}^N p_i = p_t \cdot p_{t+1} \cdot p_{t+2} \cdot \dots \cdot p_N$$

Für die Entscheidungsfindung über den Beginn oder die Fortsetzung eines Projekts sind ausschließlich zukünftige Zahlungsflüsse relevant und bereits realisierte Zahlungen gelten als versunkene Kosten (*sunk costs*). In einer anderen Darstellungsform nach Abbott und Vernon (2007) kann der ENPV zu einem beliebigen Zeitpunkt t während der Entwicklung folgendermaßen dargestellt werden:

$$ENPV_t = \sum_{k=t+1}^N \frac{CF_k P_k}{(1+i)^{k-t} P_t}$$

mit den Erfolgswahrscheinlichkeiten

$$P_k = \prod_{i=0}^k p_i \quad \text{und} \quad P_t = \prod_{i=0}^t p_i$$

Um externe Anreizmechanismen in das Modell einzubeziehen, deren Auszahlung unmittelbar im Anschluss an eine Periode t erfolgen, und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass Unternehmen zukünftige Zahlungsströme typischerweise mit dem Weighted Average Cost of Capital (WACC) diskontieren, wobei $t = 0$ den Entscheidungszeitpunkt markiert und die Zeitpunkte $t = 1, \dots, N$ einzelne Jahre des Wertschöpfungsprozesses bzw. der Marktphase abbilden, lässt sich für den ENPV zu jedem beliebigen Zeitpunkt t innerhalb des Projektverlaufs folgende allgemeine Form ableiten:

$$ENPV_t = \sum_{i=t+1}^N \frac{CF_i P_i + m_i P_{i+1}}{(1 + WACC)^{i-t} P_t} \quad \forall t \in \{1, \dots, N\}$$

Der Parameter m_i bezeichnet hierbei einen aus regulatorischer Hand gewährten Anreiz, der unmittelbar nach erfolgreichem Durchlaufen der jeweiligen Periode i ausgezahlt wird. Für den Spezialfall zum Zeitpunkt $t = 0$, also vor der Entscheidung zum Projektbeginn, gilt entsprechend:

$$ENPV_0 = m_0 + \sum_{i=1}^T \frac{CF_i P_i + m_i P_{i+1}}{(1 + WACC)^i}$$

Im Fall von m_0 handelt es sich um einen anfänglichen Anreiz, der gewährt wird, wenn das Projekt initiiert wird, beispielsweise in Form eines Forschungszuschusses.

Eine mögliche Zielfragestellung für das Antibiotika-Fördermodell könnte nun sein – und damit haben sich die bisherigen Modelle in der Literatur überwiegend beschäftigt – wie hoch Anreizzahlungen zu einem Zeitpunkt t bemessen sein müssen, damit der ENPV aus unternehmerischer Perspektive eine vorgegebene Schwelle übersteigt. Årdal, Findlay et al. (2018), Sertkaya et al. (2014) und Sharma und Towse (2010) nehmen vor Projektbeginn untere ENPV-Schwellen zwischen 100 und 500 Millionen US-Dollar an, deren Erreichung notwendig ist, um Akteure zur Investition in den Antibiotikamarkt zu bewegen.¹ Formal lässt sich diese Restriktion wie folgt ausdrücken:

$$ENPV_t \geq S_t \quad \forall t \in \{0, \dots, N\}$$

wobei S_t eine zu einem Zeitpunkt t definierte kritische Schwelle bezeichnet, die aus Sicht des jeweiligen Akteurs nicht unterschritten werden darf, damit das Projekt fortgeführt wird. In der Pharmaindustrie definieren Unternehmen solche Investitionsschwellen typischerweise vor dem Beginn neuer Entwicklungsstufen, um Priorisierungsentscheidungen zu treffen (vgl. Ciabuschi et al., 2020). Da innerhalb von Unternehmen verschiedenste Projekte um begrenzte Mittel konkurrieren, dienen diese Schwellenwerte als zentrale Steuerungsgröße für das Portfolio- und

¹ Diese Schwellen wurden von Ciabuschi et al. (2020), Okhravi et al. (2018) und Towse et al. (2017) für ihre Modelle und Simulationen genutzt, um die Höhe von Anreizzahlungen zu bestimmen.

Ressourcenmanagement. Die Einhaltung der Schwellenbedingung stellt sicher, dass eine Weiterverfolgung des Projekts aus Sicht des Unternehmens ökonomisch gerechtfertigt ist und das Fortsetzen weiterer Investitionsschritte plausibel bleibt.

Aus regulatorischer Perspektive stellt die Einhaltung der Schwellenbedingung einen zentralen Zielkonflikt dar, da die erforderlichen Anreizzahlungen so festgelegt werden müssen, dass die Schwellen S_t eines Antibiotikaprojekts für den Akteur stets erreicht werden, gleichzeitig aber aus Sicht der Regulierungsinstitution möglichst gering gehalten werden sollten. Unter der Annahme einer kostenminimierenden Regulierungsinstitution, deren Ziel die Minimierung der erwarteten Kosten C_{Reg} über den betrachteten Planungshorizont ist, lässt sich die Zielfunktion demnach wie folgt formulieren:

$$\min C_{Reg} = \min \sum_{t=0}^N \frac{m_t P_t}{(1+r)^t}$$

Die Regulierungsinstitution legt die Anreize m_t so fest, dass der erwartete Barwert der Gesamtanzahlungen minimal wird. Dabei ist insbesondere zu beachten, dass Regulatoren in der Regel einen niedrigeren Diskontierungsfaktor r als private Unternehmen ansetzen, wodurch spätere Zahlungen aus ihrer Sicht stärker gewichtet werden als aus Sicht privatwirtschaftlicher Akteure, was die Anreizwirkung dieser Zahlungen entsprechend reduziert (vgl. Boardman et al., 2018, 237 ff.).

Das vorliegende Optimierungsproblem beschreibt somit die regulatorische Perspektive, bei der eine Balance zwischen Minimierung öffentlicher Ausgaben und Sicherstellung ausreichender Investitionsanreize für entwickelnde Akteure hergestellt wird. Um das Modell nun sowohl enger an die spezifischen Charakteristika des Antibiotikamarkts und die Phasen des Wertschöpfungsprozesses anzulehnen als auch als konzeptionelle Grundlage für das verhaltensökonomische Laborexperiment vorzubereiten, sind im Folgenden weitere Spezifikationen erforderlich. Diese betreffen insbesondere die **phasenspezifische** Ausgestaltung von Erfolgswahrscheinlichkeiten, Entwicklungsdauern und Kosten sowie die Definition strategischer Entscheidungszeitpunkte, die typischerweise zwischen zwei Entwicklungsphasen liegen. Die entsprechenden Erweiterungen und Annahmen werden im nachfolgenden Abschnitt detailliert beschrieben.

3.1.3 Erweiterung des ENPV-Modells

Die spezifische Ausdifferenzierung des Antibiotika-Fördermodells lässt sich anhand von Abbildung 3.1 erläutern. Zuerst erscheint es zielführend, den Wertschöpfungsprozess in disjunkte Phasen zu unterteilen, wie sie in der Branche typisch sind. (vgl. Abschnitt 2.1.2). Vor diesem Hintergrund gliedert sich das spezifische Modell in sechs aufeinanderfolgende Entwicklungsphasen von der Wirkstoffentwicklung bis zum Markteintritt (T_1, \dots, T_6) sowie eine anschließende Marktphase (T_7). Jede dieser Phasen umfasst einen eigenen Zeitraum T_i , der sich jeweils aus

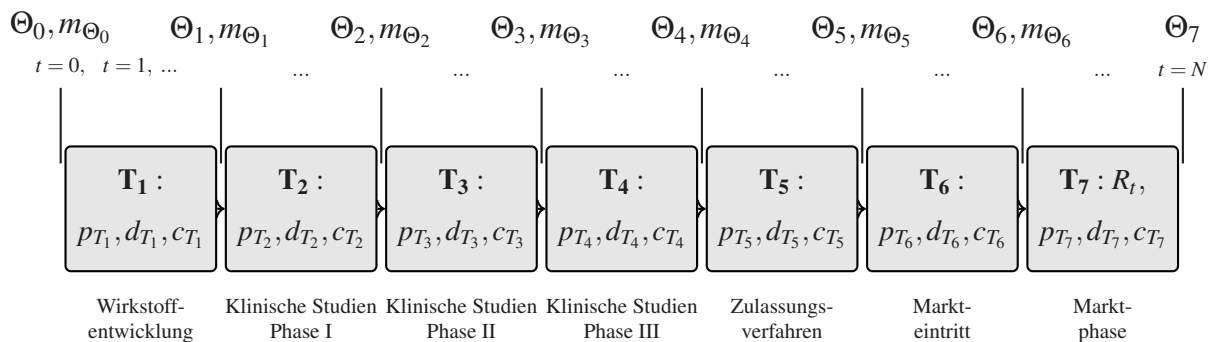


Abbildung 3.1: Wertschöpfungsprozess im Antibiotika-Fördermodell (eigene Darstellung)

einer Folge von Jahresperioden t zusammensetzt und ist durch eine phasenspezifische Erfolgswahrscheinlichkeit p_{T_i} , eine charakteristische Dauer d_{T_i} und repräsentative F&E-Kosten c_{T_i} gekennzeichnet (vgl. Abschnitt 2.1.2.1). In der Marktphase (T_7) treten zudem periodenabhängige Umsätze R_t auf. Ferner werden die Entscheidungszeitpunkte θ_i eingeführt, welche den Beginn bzw. Abschluss einer jeden Phase determinieren. Die explizite Spezifizierung dieser Zeitpunkte ist aus zweierlei Hinsicht sinnvoll: Erstens spiegeln sie diejenigen Momente wider, zu denen Unternehmen strategische Entscheidungen über die Fortführung oder Beendigung eines Entwicklungsprojekts treffen. Zu den Zeitpunkten zwischen zwei Phasen erfolgen typischerweise die ENPV-Berechnungen, die als eine Entscheidungsgrundlage für die Fortsetzung eines Projekts herangezogen werden. Zweitens dienen die Zeitpunkte als natürliche Ansatzpunkte für die Implementierung von Anreizmechanismen m_{θ_i} , die – in Übereinstimmung mit der vorgestellten Literatur – gezielt vor Beginn oder nach Abschluss einer Entwicklungsphase ansetzen können.² Die Zuordnung der Jahresperioden t zu den Entwicklungsphasen T_i erfolgt mittels folgender Beziehung:

$$t \in T_i \Leftrightarrow t \in \{\theta_{i-1} + 1, \dots, \theta_i\} \quad \forall i \in \{1, \dots, 7\} \quad (3.1)$$

Die Beziehung zwischen den Entscheidungszeitpunkten θ_i und den jeweiligen Entwicklungsphasen charakterisiert sich formal durch

$$\theta_i = \sum_{j=1}^i d_{T_j} \quad \forall i \in \{1, \dots, 7\} \quad (3.2)$$

² Für den Zeitpunkt θ_7 , der das Ende des Betrachtungszeitraums nach Abschluss der maßgeblichen Umsatzphase des Antibiotikums markiert, wird in diesem Modell auf die Berücksichtigung weiterer Anreizzahlungen verzichtet. Eine nachgelagerte Incentivierung entspricht weder empirisch beobachtbaren Fördermechanismen noch ergibt sich daraus eine ökonomisch nachvollziehbare Relevanz für die projektbezogene Entscheidungsfindung.

wobei $\theta_0 = 0$ den Entscheidungszeitpunkt vor Projektbeginn markiert und jeder weitere Zeitpunkt θ_i das Ende der jeweiligen Phase T_i beschreibt. Somit verweist jedes θ_i auf den Zeitpunkt t , der mit dem Abschluss der i -ten Entwicklungsphase erreicht wird.

Vor dem Hintergrund der vorgenommenen Spezifikationen lässt sich das Modell nun formal wie folgt darstellen: Die Zielfunktion beschreibt das Ziel der Regulierungsinstitution, die erwarteten Auszahlungen über den Planungshorizont zu minimieren:

$$\min C_{Reg} = \min \sum_{t=0}^N \frac{m_t P_t}{(1+r)^t} \quad (3.3)$$

Eine mögliche Nebenbedingung des Optimierungsproblems könnte sein, dass für alle relevanten Entscheidungszeitpunkte θ_i der erwartete Nettobarwert des Projekts aus Unternehmenssicht eine kritische Schwelle nicht unterschreitet (vgl. Ciabuschi et al., 2020):

$$ENPV_{\theta_i} \geq S_{\theta_i} \quad \forall \theta_i \in \{\theta_0, \dots, \theta_7\} \quad (3.4)$$

Zur weiteren Eingrenzung der im Modell zulässigen Strategien für die Ausgestaltung der Anreizmechanismen werden Obergrenzen für m_{θ_i} gesetzt. Diese orientieren sich an den phasenspezifischen F&E-Kosten und verhindern Moral-Hazard Effekte, wonach Unternehmen nach Erhalt von Anreizzahlungen oberhalb ihrer F&E-Aufwendungen ihre Forschungsanstrengungen abbrechen könnten:

$$m_{\theta_i} \leq c_{T_i} \quad \forall i \in \{1, \dots, 6\} \quad (3.5)$$

Ergänzend wird aus den selben Gründen spezifiziert, dass die Summe der Anreize $m_{\theta_0} + m_{\theta_1}$ die initialen Entwicklungskosten der Phase T_1 nicht überschreiten darf:

$$m_{\theta_0} + m_{\theta_1} \leq c_{T_1} \quad (3.6)$$

Die Ermittlung des $ENPV_t$ erfolgt, wie im vorangegangenen Abschnitt dargestellt, unter Berücksichtigung der künftigen Zahlungsströme und möglichen Anreizzahlungen, gewichtet mit den jeweiligen Wahrscheinlichkeiten und diskontiert mit dem jeweiligen Kapitalkostensatz (WACC). Für beliebige Zeitpunkte t innerhalb des Betrachtungszeitraums ergibt sich:

$$ENPV_t = \sum_{i=t+1}^N \frac{CF_i P_i + m_i P_{i+1}}{(1+WACC)^{i-t} P_t} \quad \forall t \in \{1, \dots, N\} \quad (3.7)$$

Für den Entscheidungszeitpunkt über den Projektbeginn $t = 0$ gilt:

$$ENPV_0 = m_0 + \sum_{i=1}^N \frac{CF_i P_i + m_i P_{i+1}}{(1+WACC)^i} \quad (3.8)$$

mit

$$P_t = P_{T_i} = \prod_{k=1}^i p_{T_k} \quad \text{mit } t \in \{\theta_{i-1} + 1, \dots, \theta_i\} \quad (3.9)$$

Die Berechnung der periodenspezifischen Cashflows basiert auf den erzielten Umsätzen R_t des Antibiotikums in Jahr t bereinigt um Herstellungskosten (z_{COGS}), Vertriebs-, allgemeinen und Verwaltungskosten (z_{SGA}) sowie Steuern (z_{Tax}) abzüglich der F&E-Kosten c_t einer Periode:

$$CF_t = R_t(1 - z_{COGS} - z_{SGA} - z_{Tax}) - c_t \quad (3.10)$$

Vereinfachend wird angenommen, dass sich die Kosten einer Phase (c_{T_i}) gleichmäßig auf die Dauer der jeweiligen Phase (d_{T_i}) verteilen. Für die Kosten einer einzelnen Periode innerhalb der jeweiligen Phase ergibt sich somit:

$$c_t = \frac{c_{T_i}}{d_{T_i}} \quad \forall t \in T_i, \forall i \in \{1, \dots, 7\} \quad (3.11)$$

Zudem gelten folgende Nichtnegativitäts- und Wertebereichsrestriktionen, die für das Modell definiert werden:

$$p_{T_i} \in [0, 1] \quad \forall T_i \in \{T_1, \dots, T_7\} \quad (3.12)$$

$$d_{T_i} \geq 0 \quad \forall T_i \in \{T_1, \dots, T_7\} \quad (3.13)$$

$$c_{T_i} \geq 0 \quad \forall T_i \in \{T_1, \dots, T_7\} \quad (3.14)$$

$$m_t \geq 0 \quad \forall t \in \{\theta_0, \dots, \theta_6\} \quad (3.15)$$

$$m_t = 0 \quad \forall t \notin \{\theta_0, \dots, \theta_6\} \quad (3.16)$$

$$R_t \geq 0 \quad \forall t \in \{0, \dots, N\} \quad (3.17)$$

$$S_t \in \mathbb{R} \quad \forall t \in \{0, \dots, N\} \quad (3.18)$$

$$z_{COGS}, z_{SGA}, z_{Tax}, r, WACC \in [0, 1] \quad (3.19)$$

Durch die Erweiterung und Spezifizierung der Modellstruktur ist es möglich, für gegebene Parameterkonstellationen Anreizzahlungen m_{θ_i} zu bestimmen, die den $ENPV_i$ über eine definierte Schwelle S_t heben und dabei die regulatorischen Kosten C_{Reg} minimieren. Die Einbeziehung verschiedener Akteursgruppen, wie von KMU und Big Pharma, lässt sich konzeptionell und formal problemlos umsetzen, indem gruppenspezifische Kosten-, Umsatz- und Erfolgswahrscheinlichkeitsparameter definiert und $ENPV$ -Berechnungen für jede Akteursgruppe modelliert werden.

Eine der definierten Anforderungen an das Modell, die bislang jedoch nicht abgebildet wurde, ist die Kooperationsmöglichkeit zwischen KMU und Big Pharma, die darin besteht den Transfer eines Wirkstoffpatents während des Wertschöpfungsprozesses zu ermöglichen. In der

Praxis erfolgt ein solcher Assettransfer meist nach abgeschlossenen klinischen Studien II, also zum Zeitpunkt θ_3 . In den frühen Entwicklungsstufen verfügen KMUs häufig über spezifische Innovationskompetenzen und Effizienzvorteile, während Big Pharma über die erforderlichen Ressourcen und regulatorischen Erfahrungen für die späten Phasen, die Produktion und den Markteintritt verfügt.

Ein regulatorisch motiviertes Effizienzziel könnte demnach darin bestehen, dass der Regulator als Mechanismus-Designer die Anreizstrukturen so gestaltet, dass sich ein kooperatives Szenario aus Sicht beider Akteursgruppen als profitabel und strategisch vorteilhaft darstellt, eine alleinige Entwicklung jedoch nicht. Eine solche kooperative Lösung wäre nicht nur wohlfahrtsökonomisch effizient, sondern würde auch die regulatorischen Kosten für Anreizmechanismen reduzieren. Hinsichtlich des Optimierungsmodells würde nicht mehr als Nebenbedingung gefordert, dass der $ENPV_t$ für jeden Akteur mit eigenständiger Entwicklung und Vermarktung über eine kritische Schwelle S_t steigt; vielmehr wäre das Optimierungsziel, die Ausgestaltung von Anreizen so zu wählen, dass der Patenttransfer aus Sicht der beteiligten Unternehmen profitabel erscheint.

Der ENPV aus Sicht eines KMUs zum Entscheidungszeitpunkt $t = 0$ unter Annahme einer Patentveräußerung zum Zeitpunkt θ_3 berechnet sich dann wie folgt:

$$ENPV_{0,KMU} = m_0 + \sum_{i=1}^{\theta_3} \left[\frac{CF_{i,KMU}P_{i,KMU} + m_iP_{i+1,KMU}}{(1+WACC_{KMU})^i} \right] + \frac{X \cdot P_{T_3,KMU}}{(1+WACC_{KMU})^{\theta_3}} \quad (3.20)$$

wobei X den Preis bezeichnet, den das KMU für sein Wirkstoffpatent erhält.

Setzt man $ENPV_{0,KMU} = S_{0,KMU}$ und löst nach X auf, erhält man denjenigen Preis X_{KMU}^e , bei dem der $ENPV_{0,KMU}$ eine kritische Schwelle $S_{0,KMU}$ erreicht und ab dem sich die Investition für ein KMU lohnen würde:

$$X_{KMU}^e = \frac{[1+WACC_{KMU}]^{\theta_3}}{P_{T_3,KMU}} \cdot \left[S_{0,KMU} - m_0 - \sum_{i=1}^{\theta_3} \frac{CF_{i,KMU} \cdot P_{i,KMU} + m_i \cdot P_{i+1,KMU}}{(1+WACC_{KMU})^i \cdot P_{i,KMU}} \right] \quad (3.21)$$

Ein rationaler Big Pharma-Akteur wäre hingegen bereit, höchstens den erwarteten Kapitalwert des Projekts zum Zeitpunkt θ_3 abzüglich seiner kritischen ENPV-Schwelle $S_{\theta_3,Big}$ für das Wirkstoffpatent zu bezahlen. Entsprechend gilt:

$$X_{Big}^e = ENPV_{\theta_3,Big} - S_{\theta_3,Big} = \sum_{i=\theta_3+1}^N \left[\frac{CF_{i,Big} \cdot P_{i,Big} + m_i \cdot P_{i+1,Big}}{(1+WACC_{Big})^{i-t} \cdot P_{i,Big}} \right] - S_{\theta_3,Big} \quad (3.22)$$

Mithilfe dieser beiden Definitionen lässt sich die folgende Nebenbedingung formulieren:

$$X_{Big}^e - X_{KMU}^e \geq 0 \quad (3.23)$$

Diese Bedingung stellt sicher, dass aus Sicht des Zeitpunktes θ_0 ($t = 0$) ein erwarteter Verhandlungsspielraum besteht, innerhalb dessen sich KMU- und Big Pharma-Akteure auf einen Preis für das Patent einigen können, der für beide Seiten rentabel ist.³ In der hier vorgeschlagenen Modelllogik kann diese Kooperationsbedingung (3.23) die bislang zentrale Schwellenbedingung (3.4) ersetzen, sofern die regulatorische Zielsetzung rein auf die Förderung wohlfahrtsoptimaler Kooperationen abstellt.

Damit sind die zu Beginn an das Antibiotika-Fördermodell gestellten Anforderungen erfüllt. Das entwickelte Optimierungsmodell bildet sowohl die wesentlichen Strukturen und typischen Charakteristika des Antibiotikamarktes als auch die relevanten Akteursgruppen und ihre Koordinations- und Interaktionsmechanismen ab. Die formalisierten Rahmenbedingungen erlauben es nun, gezielt Kombinationen von Anreizmechanismen zu identifizieren, die in Übereinstimmung mit den definierten Nebenbedingungen stehen.

Im folgenden Abschnitt wird darauf aufbauend untersucht, welche Ausgestaltungen von Anreizkombinationen existieren, die sowohl regulatorische Effizienzkriterien als auch die investitionsrelevanten Schwellen der jeweiligen Akteure erfüllen. Die auf diese Weise ausgewählten Anreizdesigns werden anschließend im Rahmen der experimentellen Untersuchung auf ihre Wirkung und Akzeptanz getestet.

3.1.4 Auswahl und Charakterisierung der zu untersuchenden Anreizdesigns

Im vorherigen Abschnitt wurde das Fördermodell so weit spezifiziert, dass es nun unter Eingabe konkreter Parameter gelöst und dadurch spezifische Anreizdesigns identifiziert werden können. Bei der Auswahl der Modellparameter wird explizit darauf verzichtet, stochastische oder variierende Eingaben zu verwenden. Stattdessen beschränkt sich die Analyse auf deterministische Parameterwerte. Im Gegensatz zu den Studien aus Abschnitt 2.3.2, in denen der Einfluss unterschiedlicher Parametervarianten vor allem unter dem Gesichtspunkt der Sensitivität im Rahmen von Monte-Carlo-Simulationen analytisch untersucht wird, steht im Fokus dieser Arbeit die Wirkung verschiedener Anreizdesigns auf reale Entscheidungsprozesse menschlicher Akteure im Rahmen einer experimentellen Untersuchung. Die Lösung des Optimierungsmodells mit festen, empirisch fundierten Parametern ist daher ein notwendiger methodischer Zwischenschritt, um eine überschaubare und realistische Auswahl an Anreizdesigns für die experimentelle Testung zu identifizieren. Auf eine stochastische Parametrisierung wird aus diesem Grund bewusst verzichtet; sie könnte jedoch bei Bedarf technisch jederzeit integriert werden.

³ Der tatsächliche Verhandlungsspielraum zum Zeitpunkt θ_3 – also für den Fall, dass das KMU den Wirkstoff bis dahin erfolgreich entwickelt – ergibt sich aus der Differenz der jeweiligen erwarteten Kapitalwerte der Akteure zu diesem Zeitpunkt, also $ENPV_{\theta_3, Big} - ENPV_{\theta_3, KMU}$. Zur besseren Übersicht werden kritische Schwellenwerte an dieser Stelle vernachlässigt. Unter realistischen Annahmen fällt der Verhandlungsspielraum zum Zeitpunkt θ_3 damit größer aus als zum Zeitpunkt θ_0 erwartet.

Für die Auswahl der Parameter zu Kosten, Erfolgswahrscheinlichkeiten und Entwicklungsdauern werden gerundete Durchschnittswerte der empirischen Daten aus den Tabellen 2.1, 2.2 und 2.3 genutzt und, sofern sinnvoll, leicht adaptiert. Die final verwendeten Parameter sind in Tabelle 3.1 zusammengefasst. In der Unternehmenspraxis werden Entscheidungsträger für den jeweiligen Einzelfall projektspezifische Priors bilden, die von den hier verwendeten relativen Häufigkeiten abweichen können und gemeinsam mit der individuellen Risikoeinstellung das Entscheidungsverhalten determinieren.

Tabelle 3.1: Inputparameter zur Parametrisierung des Optimierungsmodells (eigene Darstellung)

	T_1 :	T_2 :	T_3 :	T_4 :	T_5 :	T_6 :	T_7 :
	Wirkstoff- entwicklung	Klinische Studien Phase 1	Klinische Studien Phase 2	Klinische Studien Phase 3	Zulassungs- verfahren	Markt- eintritt	Markt- phase
$d_{T_i}^a$	6	1	1	2	1	1	20
p_{T_i}	0.25	0.5	0.5	0.75	0.9	1	1
$c_{T_i,KMU}^b$	10	10	20	120	75	150	- ^c
$c_{T_i,Big}^b$	15	15	30	80	50	100	- ^c

^a Angabe in Jahren.

^b Angabe in Millionen US-Dollar.

^c Keine direkten F&E-Kosten. Innerhalb der ersten drei Jahre der Marktphase werden Kosten in Höhe von 50 Mio. USD pro Jahr für klinische Studien Phase 4 angesetzt.

Für den Entwicklungsprozess wird eine Gesamtdauer von zwölf Jahren angenommen. Diese teilt sich auf in sechs Jahre Wirkstoffentwicklung, ein Jahr klinische Studien I, ein Jahr klinische Studien II, zwei Jahre klinische Studien III sowie jeweils ein Jahr für Zulassung und Markteintritt. Daran schließt sich eine Marktphase von 20 Jahren an, während der das Antibiotikum vermarktet wird. Zwar werden auch nach Ablauf dieses Zeitraums häufig noch Umsätze erzielt, allerdings erreichen Antibiotika ihren Peak-Umsatz meist nach 12 bis 14 Jahren. In den darauffolgenden Jahren sinken die Erlöse infolge des Auslaufens des Patentschutzes und des Markteintritts von Generika deutlich ab (vgl. Outterson, 2021a), sodass Umsätze 20 Jahre nach der Produkteinführung keinen nennenswerten Einfluss mehr auf den ENPV während des Entwicklungsprozesses haben.

Die Erfolgswahrscheinlichkeit in der Wirkstoffentwicklung wird mit 25 % angesetzt, bewusst leicht unter dem Mittelwert der betrachteten empirischen Studien (29 %), um der zusätzlichen Unsicherheit und den technischen Herausforderungen bei der Entwicklung innovativer, resistenzüberwindender Antibiotika gegen WHO-Prioritäts-Pathogene Rechnung zu tragen. Für das Zulassungsverfahren wird hingegen eine gegenüber dem Durchschnitt (86 %) leicht erhöhte Wahrscheinlichkeit von 90 % angenommen, da bei neuartigen resistenzüberwindenden Wirkstoffen regulatorische Erleichterungen und eine prioritäre Bearbeitung wahrscheinlich sind.

Hinsichtlich der Annahmen zu den Kosten je Wertschöpfungsstufe erfolgt eine Differenzierung zwischen KMU- und Big Pharma-Akteuren. Für KMUs werden in den ersten drei Wertschöpfungsstufen Kosten- und Effizienzvorteile unterstellt, was sich durch schlankere Prozesse, den Fokus auf essenzielle Studien und eine konsequente Exit-Strategie ohne kostenintensive Zusatzstudien begründet. Große Pharmaunternehmen sind dagegen bereits in der Frühphase gezwungen, zusätzliche Support-Studien durchzuführen, um interne Anforderungen zu erfüllen und Ausfallrisiken zu minimieren. Wiederum verfügen sie über Ressourcen- und Erfahrungsvorteile in späteren Phasen, etwa bei den groß angelegten klinischen Studien III oder im Markteintritt. KMUs sind hier häufig auf Kapitalmarktfinanzierung angewiesen und müssten teure Produktions- und Vertriebsstrukturen erst aufbauen, die bei Big Pharma häufig bereits existieren. Aus den dargelegten Gründen wird angenommen, dass Big Pharma in den ersten drei Wertschöpfungsstufen jeweils 50 % höhere Kosten als KMUs trägt, während für KMUs in den letzten drei Stufen umgekehrt ein Kostenaufschlag von 50 % gegenüber Big Pharma angesetzt wird. Dagegen wird auf eine akteurspezifische Parametrisierung des Kapitalkostensatzes (WACC) verzichtet. Zum einen würde eine Differenzierung nach Kapitalkosten das Modell unnötig verkomplizieren und die Vergleichbarkeit sowie die Fokussierung auf die Effekte der Anreizmechanismen erschweren. Zum anderen werden Akteure in den entscheidungsrelevanten Entwicklungsphasen ohnehin weitgehend mit ähnlichen systemischen Kapitalmarktrisiken konfrontiert. Aus diesen Gründen wird für alle KMUs und Big Pharma ein einheitlicher $WACC = 10\%$ angenommen, der sich mit den mit den Annahmen von Outterson (2021a) und Towse et al. (2017) deckt. Für die regulatorische Perspektive wird ein Diskontsatz von $r = 2\%$, orientiert am Basiszinssatz (vgl. Deutsche Bundesbank, o. D.), gewählt, wodurch die geringere Zeitpräferenz und die langfristigere, gesellschaftlich orientierte Perspektive der öffentlichen Hand im Vergleich zu privatwirtschaftlichen Akteuren abgebildet wird.

Die Modellierung und Vorhersage konkreter Jahresumsätze während der Marktphase ist naturgemäß mit erheblichen Unsicherheiten behaftet und hängt von einer Vielzahl exogener Faktoren ab. Entscheidend sind neben dem regulatorischen Umfeld (beispielsweise Antibiotic Stewardship Programme) vor allem die Wirkstoffklasse und der adressierte Erreger, sodass Peak-Umsätze für neuartige Präparate in einer breiten Spanne von wenigen Millionen USD bis weit über eine Milliarde USD pro Jahr liegen können. So werden beispielsweise von Ciabuschi et al. (2020) in der Monte-Carlo-Simulation Umsatzgrößen zwischen 0 und 1.900 Mio. USD angenommen. Im vorliegenden Modell wird der Peak-Umsatz für Big Pharma auf 1.000 Mio. USD und für KMUs auf 800 Mio. USD angesetzt und liegt damit im Bereich von Peak-Umsätzen neu zugelassener Antibiotika seit 2000 (vgl. Outterson, 2021a). Der Unterschied zwischen KMUs und Big Pharma im angenommenen Peak-Umsatz begründet sich insbesondere mit der etablierten globalen Vertriebsinfrastruktur, dem Marktzugang und der internationalen Vermarktungskompetenz großer Pharmaunternehmen. Während KMUs bei der Erstvermarktung innovativer

Antibiotika oft auf nationale oder regionale Märkte beschränkt sind und Kapazitäten im Vertrieb aufbauen müssen, verfügen große Pharmaunternehmen über die notwendige Erfahrung, Ressourcen und Netzwerkstrukturen, um den maximalen Marktzugang schnell und effizient zu realisieren. Dies schlägt sich, bei ansonsten gleichen Produktmerkmalen, in einem strukturell höheren potenziellen Spitzenumsatz nieder.

Die Umsatzverteilung entlang der Zeitachse folgt bei Antibiotika häufig einem ähnlichen Muster: Die Erlöse steigen nach Markteintritt zunächst recht langsam an, erreichen nach etwa 12–14 Jahren (vor Auslauf des Patents) ihr Maximum und fallen anschließend durch den Markteintritt von Generika deutlich ab (vgl. Outterson, 2021a). Für die parametrische Modellierung der Jahresumsätze wird auf die Verteilung der Vergleichspräparate Cubicin⁴ und Zyvox⁵ zurückgegriffen, um eine realistische und empirisch fundierte Verteilung der Umsätze entlang der Zeitachse sicherzustellen. Die konkrete Umsetzung der Umsatzmodellierung ist in Tabelle A.3 im Anhang dokumentiert. Hinsichtlich der Kostensätze werden folgende Annahmen getroffen: Herstellungskosten $z_{COGS} = 25 \%$, Vertriebs- und Verwaltungskosten $z_{SGA} = 25 \%$ sowie Steuern $z_{Tax} = 20 \%$ (vgl. Outterson, 2021a).

Die kritischen Schwellen der beiden Akteursgruppen werden mit $S_{\theta_i, KMU} = 0$ bzw. $S_{\theta_i, Big} = 0$ angesetzt. Dies bedeutet, dass ein Projekt für einen Akteur ausschließlich dann als investitionswürdig gilt, wenn zu keinem relevanten Entscheidungszeitpunkt ein negativer ENPV vorliegt. Aus Gründen der Modellübersichtlichkeit und zur Vermeidung zusätzlicher Komplexität erfolgt keine weitere zeitpunktspezifische Abstufung der Schwellen, sondern es wird für beide Akteursgruppen ein konstanter Wert über den gesamten Prozess angenommen.

Zur Berechnung und Auswahl testbarer Anreizdesigns kamen Gurobi Optimizer (vgl. Gurobi Optimization, LLC, 2025) (über die Python API) und Microsoft Excel (vgl. Microsoft Corporation, 2025) zum Einsatz. Die zentrale Zielsetzung bestand darin, spezifische Kombinationen von Anreizzahlungen zu identifizieren, die bei identischen regulatorischen Gesamtkosten einen positiven Verhandlungsspielraum für den Wirkstoffpatenttransfer zwischen KMU und Big Pharma ermöglichen (vgl. Nebenbedingung (3.23)). Dabei sollte die Allokation von Anreizen gezielt unterschiedliche Zeitpunkte und Wertschöpfungsstufen adressieren, um die Wirkung von alternativen Interventionsmustern vergleichen zu können.

Ein bewusster konzeptioneller Unterschied zu bisherigen Antibiotika-ENPV-Simulationen liegt darin, dass im vorliegenden Modell nicht die Bedingung verfolgt wurde, den $ENPV_{\theta_i}$ aus Sicht eines Akteurs zu jedem Zeitpunkt über die definierte Schwelle zu heben, wenn eine vollständige

⁴ Cubicin (Daptomycin) ist ein Antibiotikum, das häufig zur Behandlung von Haut- und Weichgewebeeinfektionen sowie von Blutstrominfektionen, ausgelöst durch Erreger wie *Staphylococcus aureus* (WHO Priorität 2), einschließlich methicillinresistenter Stämme (MRSA), eingesetzt wird.

⁵ Zyvox (Linezolid) ist ein Antibiotikum, das zur Behandlung von Infektionen durch grampositive Bakterien eingesetzt wird, einschließlich MRSA und Vancomycin-resistente Enterokokken (VRE).

eigenständige Entwicklung und Vermarktung eines Wirkstoffs angestrebt wird (vgl. Nebenbedingung (3.4)). Stattdessen zeigt die Analyse der gewählten Anreizdesigns (siehe Tabelle 3.2), dass der $ENPV_0$ für die Beteiligten bei einer rein eigenständigen Entwicklung stets negativ bleibt. Ausschließlich im Fall einer Kooperation lassen sich positive ENPV-Werte realisieren. Aus regulatorischer Sicht können damit Förderdesigns entwickelt werden, die in erster Linie zur kosteneffizienten und wohlfahrtsoptimierenden Gestaltung der Förderarchitektur beitragen.

Eine weitere Nebenbedingung im Lösungsprozess war die Vorgabe, dass die erwarteten regulatorischen Kosten für die Förderung eines Antibiotikaprojekts über alle Anreizdesigns hinweg konstant gehalten werden. Diese Restriktion spiegelt die Situation eines Regulators wider, der mit einem begrenzten Budget die Investitionsanreize entlang des Wertschöpfungsprozesses möglichst optimal allokalieren möchte. Hierdurch wird die Beachtung des zentralen Zielkriteriums der Kosteneffizienz sichergestellt, wonach lediglich Anreizdesigns verglichen werden sollen, die aus regulatorischer Sicht kosteneffizient sind.

Schließlich wurde bei der Auswahl der untersuchten Anreizdesigns darauf geachtet, dass die Kombinationen von Mechanismen der aktuellen Fachdiskussion entsprechen und ein umfassendes, realistisches Bild der für die Antibiotikaentwicklung relevanten Förderinstrumente abbilden. Im Wesentlichen wurden die Anreizdesigns konzeptionell auf folgende Mechanismen gestützt:

- **Forschungsförderung (Push-Anreiz):** Die Forschungsförderung ist ein Anreizmechanismus, der Entwicklern von Antibiotika finanzielle Mittel in Form von Subventionen zur Deckung ihrer F&E-Kosten bereitstellt. Sie reduziert oder eliminiert direkt die Entwicklungskosten und kommt insbesondere bei der Grundlagenforschung und Wirkstoffentwicklung zum Einsatz (vgl. Årdal, Findlay et al., 2018).
- **Markteintrittsprämien (Pull-Anreiz):** Markteintrittsprämien sind Zahlungen, die an Entwickler nach erfolgreicher behördlicher Zulassung und Markteintritt eines Antibiotikums gezahlt werden. Sie können beispielsweise aus pauschalen Einmalzahlungen oder entkoppelten Abomodellen bestehen (vgl. Renwick et al., 2016; Towse et al., 2017).
- **Meilensteinprämien (Hybridinstrument):** Meilensteinprämien sind Zahlungen, die erfolgreich absolvierte Entwicklungsschritte belohnen. Sie kommen während des Wertschöpfungsprozesses zum Einsatz, typischerweise als Belohnung nach erfolgreichen präklinischen oder klinischen Studien (vgl. Baraldi et al., 2016; Renwick et al., 2016).

Auf dieser konzeptionellen Grundlage wurden für die experimentelle Testung fünf spezifische Anreizdesigns identifiziert, die sowohl reine Mechanismen als auch Mechanismuskombinationen umfassen:

1. **Forschungsförderung:** Jeder Beginn einer Wirkstoffentwicklung wird mit Fördermitteln unterstützt.
2. **Markteintrittsprämie:** Erreicht ein Medikament erfolgreich den Markt, wird eine Prämie ausbezahlt.
3. **Meilensteinprämien:** Prämien, die das Erreichen von Wertschöpfungsstufen belohnen.
4. **Forschungsförderung & Markteintrittsprämie:** Es wird der Beginn einer Wirkstoffentwicklung gefördert und die erfolgreiche Markteinführung eines neuen Medikaments mit einer Prämie belohnt.
5. **Ganzheitliches Förderungsmodell:** Anreizzahlungen erfolgen über den gesamten Wertschöpfungsprozess verteilt.

Diese Auswahl ermöglicht einen systematischen Vergleich zwischen frühen und späten Interventionszeitpunkten, zwischen Kosten- (Push) und Erfolgsanreizen (Pull) sowie zwischen konzentrierten und verteilten Fördermodellen entlang des Wertschöpfungsprozesses.

Tabelle 3.2: Übersicht der identifizierten Anreizdesigns (eigene Darstellung)

Anreizmodell	Höhe der Anreizzahlung							$ENPV_{0,KMU}$	$ENPV_{0,Big}$	$X_{Big}^e - X_{KMU}^e$	C_{Reg}
	θ_0	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6				
Ohne Anreizmechanismen	0	0	0	0	0	0	0	-6,8	-6,8	-66	0
Forschungsförderung	5	0	0	0	0	0	0	-1,8	-1,8	105	5,00
Markteintrittsprämie	0	0	0	0	0	0	150	-4,7	-4,8	3	5,00
Meilensteinprämien	0	8	8	15	15	30	0	-4,0	-4,0	30	5,00
Forschungsförderung & Markteintrittsprämie	2,5	0	0	0	0	0	75	-3,2	-3,3	54	5,00
Ganzheitliches Förderungsmodell	1,5	1,5	3	6	24	15	33	-3,6	-3,6	43	5,00

Alle Angaben in Millionen USD.

Mittels geeigneter Hilfsfunktionen und gezielter parametrischer Anpassungen konnten für jedes Anreizdesign spezifische Zahlenwerte für die definierten Zeitpunkte im Wertschöpfungsprozess identifiziert werden. Die final ausgewählten Anreizdesigns mit ihren zugehörigen Anreizzahlungen im Zeitverlauf, ihren Effekten auf den $ENPV_0$ der beteiligten Akteursgruppen sowie dem resultierenden Verhandlungsspielraum sind in Tabelle 3.2 dargestellt. Es sei angemerkt, dass sich die aufgeführten Förderzahlungen und regulatorischen Kosten jeweils auf ein einzelnes

Entwicklungsprojekt (pro Unternehmen/Akteur bzw. pro neu entwickeltem Antibiotikum) beziehen. Eine Hochrechnung auf das Marktniveau oder die gesamte Branche wäre entsprechend separat vorzunehmen und würde von der Zahl der förderfähigen Einzelprojekte abhängen. Eine ausführlichere Analyse, die auch die ENPV-Werte zu den weiteren Entscheidungszeitpunkten im Modell ($\theta_1, \dots, \theta_6$) sowie den Verhandlungsspielraum zum Zeitpunkt θ_3 umfasst, ist im Anhang zu finden (vgl. Tabelle A.4).

Die in Tabelle 3.2 dargestellten Anreizdesigns unterscheiden sich hinsichtlich ihrer zeitlichen Allokation, ihrer Wirkung auf die erwarteten Kapitalwerte und des eröffneten erwarteten Verhandlungsspielraums für Kooperationen. Alle fünf Anreizdesigns wurden so kalibriert, dass die erwarteten regulatorischen Kosten (C_{Reg}) für die Förderung eines Projekts jeweils bei 5 Mio. USD liegen, was den direkten Vergleich ihrer relativen Effektivität ermöglicht.

Ohne regulatorische Anreizsetzung bleibt der $ENPV_0$ für beide Gruppen negativ bei $-6,8$ Mio. USD auf, was sich mit den Analysen von Ciabusi et al. (2020) und Sharma und Towse (2010) deckt, die ebenfalls von negativen erwartbaren Kapitalwerten in der Antibiotikaindustrie ausgehen. Der Verhandlungsspielraum für einen Patenttransfer liegt bei -66 Mio. USD, was eine rentable Kooperation zwischen KMU und Big Pharma ökonomisch ebenfalls ausschließt. Sowohl eine eigenständige Entwicklung als auch eine kooperative Strategie sind damit im derzeitigen Marktumfeld für antibakterielle Arzneimittel ohne externe Förderung nicht profitabel realisierbar.

Eine ausschließlich frühe Förderung zu Beginn der Wirkstoffentwicklung (θ_0) in Höhe von 5 Mio. USD führt zur stärksten Verbesserung des $ENPV_0$ auf $-1,8$ Mio. USD für beide Akteure und generiert mit 105 Mio. USD den größten erwarteten Verhandlungsspielraum aller Modellvarianten. Diese Wirkung ist auf den frühestmöglichen Ansatzpunkt der Förderung zurückzuführen: Früh ausgezahlte Mittel unterliegen einer geringeren Diskontierung und entfalten dadurch eine stärkere Hebelwirkung auf die gesamte Investitionsentscheidung. Eine entscheidende Rolle spielt dabei der Unterschied zwischen dem niedrigeren Diskontsatz der öffentlichen Hand und jenem privater Unternehmen. Dadurch kann die öffentliche Hand zu früheren Zeitpunkten eine höhere Effektivität bei der Anreizsetzung gegenüber privaten Investoren erzielen. Je früher die Förderung erfolgt, desto stärker wirkt sie auf den Projektwert bei der Investitionsentscheidung privater Akteure.

Die ausschließlich späte Prämierung nach erfolgter Markteinführung (θ_6) weist in der Modellanalyse die geringste ENPV-Verbesserung aus Unternehmenssicht auf und erzeugt lediglich einen marginalen erwarteten Verhandlungsspielraum von 3 Mio. USD. Da die Zahlungen erst in ferner Zukunft erfolgen – im parametrisierten Modell nach 12 Jahren – werden sie stark diskontiert und sind mit hoher Unsicherheit behaftet, was im Modell eine entsprechend geringere Wirksamkeit der Maßnahme impliziert.

Mit abnehmender Wirkung auf den $ENPV_0$ und den Verhandlungsspielraum folgt die Kombination aus Forschungsförderung und Markteintrittsprämie ($ENPV_0 = -3,2$ bis $-3,3$ Mio. USD, Spielraum 54 Mio. USD), das ganzheitliche Förderungsmodell ($ENPV_0 = -3,6$ Mio. USD, Spielraum 43 Mio. USD) sowie die Meilensteinprämien ($ENPV_0 = -4,0$ Mio. USD, Spielraum 30 Mio. USD).

Alle Anreizdesigns ermöglichen grundsätzlich profitable Kooperationen zwischen KMU und Big Pharma, da der erwartete Verhandlungsspielraum in allen Fällen positiv ist. Gleichzeitig bleibt der $ENPV_0$ bei allen Modellen negativ, was impliziert, dass eine vollständige eigenständige Entwicklung ohne Kooperation weiterhin unattraktiv wäre. Push-Mechanismen erweisen sich aufgrund ihrer frühen Wirkung und des Zeitwerts des Geldes als besonders effektiv zur Schaffung von Kooperationsanreizen, während Pull-Mechanismen durch Diskontierungseffekte an Wirksamkeit verlieren. Zu einem ähnlichen Ergebnis bezüglich der höheren Effektivität früh wirkender Push-Anreize und der durch Diskontierung begrenzten Wirksamkeit von Pull-Mechanismen kommen auch Spellberg et al. (2012). Unter der Annahme rationaler Akteure (*Homo oeconomicus*) ließe sich theoretisch ableiten, dass bei identischen regulatorischen Kosten aller Modelle die reine Forschungsförderung aus Unternehmenssicht die stärkste Anreizwirkung auf die Investitionsentscheidung entfalten und somit das effektivste Instrument zur Förderung des Projektbeginns in der Antibiotikaforschung darstellen würde. Die Markteintrittsprämie würde sich in dieser Logik als der am wenigsten wirksame Mechanismus erweisen.

Das Forschungsvorhaben verfolgt jedoch ausdrücklich nicht das Ziel, das theoretische Verhalten normativ-rationaler Akteure zu analysieren. Im Fokus steht vielmehr die experimentelle Untersuchung der tatsächlichen verhaltensökonomischen Wirkungen unterschiedlicher Anreizdesigns auf individuelle Entscheidungsprozesse. Das folgende Kapitel beschreibt hierzu das experimentelle Design.

3.2 Design und Operationalisierung der experimentellen Untersuchung

Dieses Kapitel beschreibt die Entwicklung, Implementierung und Durchführung des verhaltensökonomischen Experiments zur Untersuchung der Wirkung unterschiedlicher Anreizdesigns auf Investitions- und Kooperationsentscheidungen im Antibiotikamarkt. Da nach Kenntnis des Autors bislang kein vergleichbares verhaltensökonomisches Experiment zu Anreizmechanismen in einem pharmazeutischen Markt vorliegt, werden zunächst in Abschnitt 3.2.1 die grundlegenden Anforderungen und Rahmenbedingungen definiert, an denen sich das Experimentaldesign ausrichten soll. Aufbauend darauf wird in Abschnitt 3.2.2 das konkrete Experimentaldesign entwickelt, das die zuvor identifizierten Anreizstrukturen des ENPV-Modells aufgreift und in eine experimentell testbare Form überführt. In Abschnitt 3.2.3 werden anschließend die

technische Implementierung auf der Experimentalplattform sowie die spezifischen Schritte der Datenerhebung beschrieben. Das Kapitel schließt mit Abschnitt 3.2.4, in dem die forschungsleitenden Thesen und Hypothesen zu den erwarteten Wirkungen der verschiedenen Anreizdesigns auf das Entscheidungsverhalten der Teilnehmenden hergeleitet werden.

3.2.1 Anforderungen und Rahmenbedingungen

Im Folgenden werden die notwendigen Anforderungen und Rahmenbedingungen für die Konzeption und Durchführung des Experiments beschrieben. Durch die präzise Formulierung inhaltlicher und methodischer Kriterien wird gewährleistet, dass die Zielsetzung der Arbeit konsequent verfolgt und zugleich die etablierten Standards der experimentellen Forschung eingehalten werden. Die formulierten Anforderungen bilden den normativen Bezugsrahmen, innerhalb dessen das konkrete Experiment anschließend entwickelt und umgesetzt wird.

3.2.1.1 Inhaltliche Anforderungen

Die inhaltlichen Anforderungen an das Experiment lassen sich in drei Dimensionen strukturieren, die in ihrer Gesamtheit den Umfang des Experiments beschreiben sowie die Validität und Aussagekraft der Experimentalergebnisse sicherstellen sollen.

Erstens muss das Experimentaldesign im Wesentlichen an das im vorherigen Kapitel 3.1 entwickelte Antibiotika-Fördermodell anknüpfen. Damit soll die Entscheidungssituation, die zuvor aus theoretisch-analytischer bzw. normativ-rationaler Perspektive abgebildet wurde, in eine kontrollierte experimentelle Umgebung überführt werden. Die Konsistenz zwischen theoretischem Modell und experimenteller Umsetzung ermöglicht es, die experimentellen Befunde vor dem Hintergrund der theoretischen Erwartungen des entwickelten Modells sowie derjenigen aus der Literatur zu interpretieren (vgl. Kapitel 2.3.2).

Eine zentrale Herausforderung des Experimentaldesigns ergibt sich aus der Balance zwischen *interner* und *externer Validität*. Einerseits muss das Experiment ein möglichst realistisches Design aufweisen, das den Probanden ermöglicht, sich authentisch in die Rolle und Entscheidungssituation aus der Praxis hineinzusetzen. Diese **externe Validität** bzw. **ökologische Validität**⁶ ist essenziell, um sicherzustellen, dass die beobachteten Verhaltensweisen und Entscheidungsmuster tatsächlich Rückschlüsse auf reale Marktdynamiken zulassen. Hierzu müssen mehrere Kernelemente des Antibiotikamarktes abgebildet werden: Der idealtypische sechsstufige Wertschöpfungsprozess bildet die strukturelle Ausgangsbasis des Experiments und muss mit seinen charakteristischen Erfolgsrisiken, Zeitdauern sowie Kosten je Stufe detailliert eingeführt und erläutert werden. Die Darstellung der mehrstufigen Antibiotikaentwicklung soll die Komplexi-

⁶ Ökologische Validität bezeichnet das Ausmaß, in dem die Ergebnisse einer Studie auf reale Kontexte und Alltagsbedingungen übertragbar sind. Sie bewertet, wie realitätsnah Untersuchungsdesign und experimentelle Bedingungen im Hinblick auf die tatsächliche Umwelt sind (vgl. Brunswik, 1956; Fahmie et al., 2023).

tät des realen Innovationsprozesses verdeutlichen und den Probanden ermöglichen, die zeitliche Dimension sowie die inhärenten Risiken der Antibiotikaentwicklung nachzuvollziehen.

Des Weiteren muss die Heterogenität der Marktakteure durch die Implementierung zweier Akteursrollen abgebildet werden: kleine und mittlere Pharma- und Biotechnologieunternehmen (KMU) sowie große Pharma- und Biotechnologieunternehmen (Big Pharma). Jede Rolle sollte eine charakteristische Kosten- und Umsatzstruktur sowie definierte strategische Handlungsoptionen aufweisen. Eine zentrale Komponente des Experimentaldesigns ist zudem die Implementierung einer Kooperations- bzw. Verhandlungsmöglichkeit, durch welche KMUs ihr Wirkstoffpatent zu einem definierten Zeitpunkt im Entwicklungsprozess an Big Pharma veräußern können.

Ein charakteristisches Merkmal der Medikamentenentwicklung in der Praxis ist das Risiko, dass ein Wirkstoff während einer Entwicklungsstufe scheitert. Durch die Implementierung eines tatsächlichen stochastischen Scheiterrisikos innerhalb des Experiments werden die Probanden in die Lage versetzt, Risikobewertungen vorzunehmen und Entscheidungen unter Unsicherheit zu treffen, wie sie auch in der realen Unternehmenspraxis erforderlich sind.

Andererseits muss das Experimentaldesign hinreichend einfach und verständlich gestaltet sein, um sowohl für die Probanden kognitiv handhabbar als auch aus Experimentatorsicht praktikabel zu bleiben. Diese Anforderung an die **interne Validität** und Kontrollierbarkeit des Experiments ist notwendig, da übermäßige Komplexität zu kognitiver Überlastung der Probanden und folglich zu verzerrten oder nicht interpretierbaren Ergebnissen führen kann. Die Reduktion von Komplexität ohne substanzielle Einbußen an Realismus erfordert eine sorgfältige Abstraktion und Fokussierung auf die wesentlichen Entscheidungsparameter, die für die Untersuchung der Anreizdesigns von Relevanz sind. Zusammenfassend besteht die Anforderung darin, die experimentelle Umgebung so realistisch wie für die Forschungsfrage notwendig, jedoch so einfach wie für die Verständlichkeit und Durchführbarkeit erforderlich zu gestalten.

Die dritte wichtige inhaltliche Anforderung besteht in der Notwendigkeit, die fünf identifizierten Anreizdesigns (vgl. Abschnitt 3.1.4) experimentell implementieren und testen zu können. Das Experimentaldesign muss so konstruiert sein, dass sich differenzierte Rückschlüsse auf die jeweiligen Effekte der Anreizdesigns auf die Investitionsentscheidungen der Akteure ziehen lassen. Diese Anforderung impliziert eine Designstruktur, bei der die verschiedenen Anreizdesigns als Treatmentvariablen systematisch variiert werden können, um deren kausale Wirkungen auf das Investitions- und Kooperationsverhalten zu identifizieren. Die experimentelle Variation der Anreizstrukturen muss dabei so operationalisiert werden, dass Veränderungen im Entscheidungsverhalten der Probanden – *ceteris paribus* – eindeutig auf die Manipulation der Anreizdesigns zurückgeführt werden können, ohne dass konfundierende Faktoren die Interpretation der Befunde erschweren.

3.2.1.2 Methodische Anforderungen

Die Gestaltung eines experimentellen Designs erfordert neben inhaltlichen Anforderungen auch die Beachtung zentraler methodischer Prinzipien (vgl. Jung et al., 2017). Diese stellen sicher, dass die experimentelle Forschung wissenschaftlich rigoros, valide und reproduzierbar ist (vgl. Hertwig & Ortmann, 2001). Nachfolgend werden die wesentlichen methodischen Anforderungen an das Experiment diskutiert.

Ein wichtiger methodischer Aspekt im Experimentaldesign ist die Frage der Framewahl – also die bewusste sprachliche und konzeptionelle Gestaltung der experimentellen Situation. Der Frame eines Experiments vermittelt den Probanden Informationen, die diese zur Bildung von Vorstellungen über den Zweck des Experiments und das angemessene Verhalten nutzen können (vgl. Dreber et al., 2013). Damit ist mit jedem Frame unweigerlich auch ein potenzieller Experimentatoreffekt verbunden (vgl. Weimann & Brosig-Koch, 2019, S. 107 f.). In der experimentellen Wirtschaftsforschung hat sich die Konvention neutraler Frames als Standard etabliert, insbesondere wenn es um die Überprüfung allgemeiner theoretischer Modelle geht. Neutrale Frames vermeiden bewusst die Verwendung emotional oder moralisch aufgeladener Begriffe und beschreiben die Entscheidungssituation so wertfrei wie möglich. Dies soll den Einfluss von Framing-Effekten minimieren und die Vergleichbarkeit experimenteller Befunde ermöglichen. Diese Praxis zielt darauf ab, die interne Validität des Experiments zu wahren und sicherzustellen, dass beobachtete Verhaltensänderungen tatsächlich auf die Treatmentvariablen und nicht auf subtile sprachliche Manipulationen zurückzuführen sind. Andere argumentieren hingegen, dass die strikte Neutralität von Frames zu übermäßig abstrakten Experimenten führt, die es erschweren, konkrete und praxisnahe Forschungsfragen zu beantworten (vgl. Eckel & Grossman, 1996; Weimann & Brosig-Koch, 2019). Da das Experiment genau jene konkrete und praxisnahe Fragestellungen adressieren soll – nämlich die Analyse, wie spezifische Anreizdesigns das Verhalten von Akteuren im Antibiotikamarkt beeinflussen – sollte das Experimentaldesign nicht auf einen angemessenen Frame verzichten. Die Probanden müssen die experimentelle Situation als authentische Repräsentation des Antibiotikamarktes verstehen, um sich bestmöglich in die Rolle der Marktakteure hineinversetzen zu können. Zudem sollen die Ergebnisse des Experiments für konkrete politische Handlungsempfehlungen herangezogen werden, weshalb eine hohe externe Validität gewünscht ist. Aus den genannten Gründen ist ein situationsgerechter Frame im Experiment sinnvoll, der die wesentlichen Entscheidungssituationen authentisch versucht abzubilden.

Ein weiteres grundlegendes methodisches Prinzip betrifft die Gestaltung der Anreizsetzung und Auszahlungsstruktur für die Probanden. Ein bewährtes Konzept bei experimentellen Studien ist hierbei, eine erfolgsabhängige Entlohnung der Probanden gemäß der *Induced-Value-Theory* nach Smith (1976) zu verwenden, die Geldauszahlungen als Proxy für theoretische Nutzeneinheiten einsetzt und damit eine spezifische Nutzenfunktion für die Versuchspersonen induziert

(vgl. Voslinsky & Azar, 2021; Cassar & Friedman, 2004, S. 25-31). Gemäß dieser Theorie müssen drei kritische Bedingungen erfüllt sein (vgl. Weimann & Brosig-Koch, 2019, S. 63):

1. **Monotonie:** Der empfundene Nutzen aus Einkommen muss mit der Auszahlung im Experiment wachsen.
2. **Salienz:** Die Auszahlungen müssen spürbar von den eigenen Handlungen abhängen.
3. **Dominanz:** Das Einkommensmotiv sollte andere Motive (beispielsweise die Vermeidung von Langeweile) überschatten.

Nur wenn diese drei Bedingungen gewährleistet sind, können die beobachteten Entscheidungen als Proxy für theoretische Präferenzen interpretiert werden.

Eine weitere Frage ergibt sich in Hinsicht auf die Auswahl der Probandenstichprobe. Die meisten experimentellen Studien nutzen Studierende als Versuchspersonen. Studierende sind in der Regel leicht verfügbar, verfügen über ausreichend frei verfügbare Zeit, haben eine schnelle Erfassungsgabe und geringe Opportunitätskosten (vgl. Weimann & Brosig-Koch, 2019, S. 79 f.). Darüber hinaus ermöglicht die universitäre Einbettung des Experiments einen leichten Zugang zu dieser Population. Auf der anderen Seite unterscheiden sich Studierende in mehreren Merkmalen vom Durchschnitt der Bevölkerung – sie sind jünger, höher gebildet und verfügen über weniger berufliche Erfahrung. Ferner kann nicht ausgeschlossen werden, dass aufgrund der Freiwilligkeit bei der Teilnahme am Experiment ein *Self-Selection-Bias*⁷ entstehen kann (ebd.). Damit stellt sich die Frage, inwieweit studentisches Verhalten Rückschlüsse auf das Verhalten von Experten oder erfahrenen Praktikern zulässt. Die Annahme, dass Experten stets rationaler als Studierende handeln oder dass ausreichend hohe Anreize Irrationalitäten verhindern, wurde empirisch widerlegt (Bolton et al., 2010; vgl. Fehr et al., 2002). Die Vorteile der Verfügbarkeit und der hinreichend starken Anreizwirkung wiegen die potenziellen Verzerrungen auf, weswegen es im vorliegenden Experiment als methodisch gerechtfertigt angesehen wird, Studierende als Probanden zu wählen.

Die letzte methodische Anforderung handelt von der Reproduzierbarkeit des Experiments und ist eine Grundvoraussetzung beim Design und der Durchführung experimenteller Untersuchungen (vgl. Weimann & Brosig-Koch, 2019, S. 151 f.). Experimente müssen reproduzierbar sein, da nur dadurch zeitlich und räumlich gebundene einzelne Beobachtungen zu stilisierten Fakten werden können. Eine notwendige Voraussetzung für Reproduzierbarkeit ist, dass das experimentelle Design keine Elemente enthält, die an einen bestimmten Ort oder eine spezifische

⁷ Ein *Self-Selection-Bias* entsteht, wenn sich Probanden aufgrund spezifischer Merkmale oder Präferenzen selbst für die Teilnahme an einer Studie entscheiden und dadurch systematisch von der Grundgesamtheit abweichen.

Person gebunden sind. Damit ein Experiment reproduziert werden kann, muss das Design in all seinen Elementen dokumentiert sein (ebd.). Aus diesen Gründen werden sämtliche Hilfsmittel, die zum Einsatz kommen, einschließlich der Instruktionen, der Computersoftware, des Programmcodes sowie des Ablaufs des Experiments, genau dokumentiert und in geeigneter sowie transparenter Weise bereitgestellt.

3.2.2 Entwicklung des Experimentaldesigns

Ausgangspunkt für die Entwicklung des Experimentaldesigns ist das im Kapitel 3.1 hergeleitete Antibiotika-Fördermodell, das die Investitionsentscheidung in Antibiotikaprojekte bereits in einer theoretisch-analytischen Struktur abbildet. Analog zu diesem Modell werden die Akteure im Experiment daher dieselben individuell parametrisierten Kosten- und Erlösstrukturen, identische Phasendauern und -erfolgswahrscheinlichkeiten sowie einen konsistenten Kapitalkostensatz aufweisen. Das Modell wurde so konzipiert, dass es prinzipiell zwei Varianten der empirischen Umsetzung erlaubt: eine Version ohne Kooperationsmöglichkeit und eine Version mit expliziter Kooperationsmöglichkeit zwischen den Akteuren. Beide Varianten adressieren unterschiedliche, aber komplementäre Fragestellungen und besitzen daher jeweils eigenständigen Erkenntniswert.

Eine empirische Untersuchung ohne Kooperationsmöglichkeit legt den Fokus stark auf die isolierte Wirkung der verschiedenen Anreizdesigns. In einem solchen Setting lassen sich die relativen Attraktivitäten der fünf entwickelten Anreizdesigns besonders klar identifizieren, weil strategische Interdependenzen durch Kooperation ausgeblendet werden. Demgegenüber bildet eine Variante mit Kooperationsmöglichkeit die praxisnähere Marktsituation ab, in der KMUs und Big Pharma-Unternehmen über Lizenz- bzw. Patenttransfers miteinander interagieren können. In diesem Rahmen rückt die Analyse des Kooperationsverhaltens der Akteure in den Vordergrund und es kann insbesondere der Frage nachgegangen werden, welche Anreizdesigns am ehesten zu wohlfahrtssteigernden Kooperationslösungen führen.

Vor dem Hintergrund dieser unterschiedlichen Charakteristika und des damit verbundenen Erkenntnispotenzials wurde sich dafür entschieden, beide Varianten innerhalb eines Experiments zu implementieren. Das im Folgenden zuerst vorgestellte **Investitionsspiel** untersucht die fünf Anreizdesigns in einem Setting ohne Kooperationsoption, während im darauffolgenden **Kooperationsspiel** den Akteuren explizit die Möglichkeit zur Kooperation eingeräumt wird. Auf diese Weise lassen sich sowohl die reinen Investitionsanreize der Modelle als auch deren Einfluss auf Kooperationsentscheidungen und damit auf potenziell wohlfahrtsoptimierende Marktresultate analysieren.

3.2.2.1 Investitionsspiel

Für die Entwicklung des Experimentaldesigns des Investitionsspiels wird auf das Antibiotika-Fördermodell **ohne Kooperationsmöglichkeit** zurückgegriffen. Um die abstrakte Modellogik aus Sicht eines einzelnen Akteurs besser greifbar zu machen und die zugrunde liegende Entscheidungssituation zu veranschaulichen, wird das Modell – in Anlehnung an Sertkaya et al. (2014) – in einen Entscheidungsbaum überführt, der den sequenziellen Entwicklungs- und Entscheidungsprozess strukturiert darstellt (vgl. Abbildung 3.2).

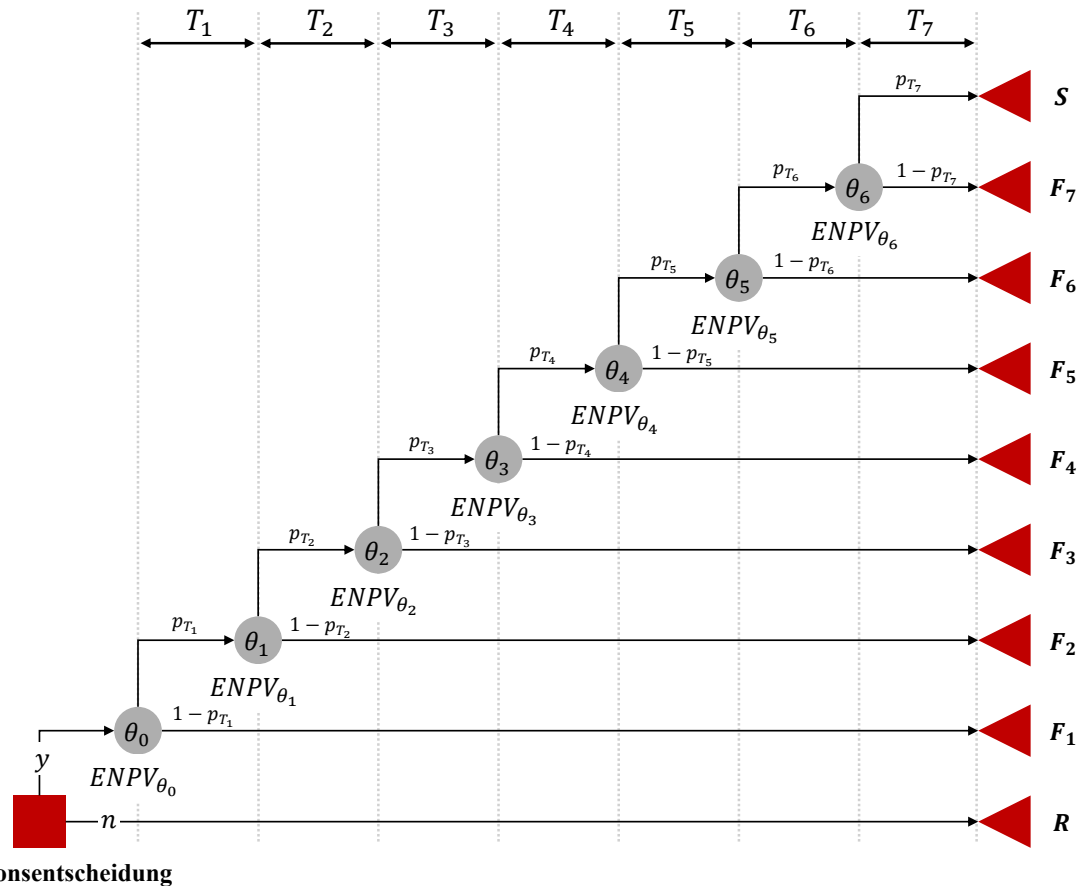


Abbildung 3.2: Schematischer Entscheidungsbaum des Antibiotika-Entwicklungsprozesses (eigene Darstellung)

Im Entscheidungsbaum markiert das rote Quadrat den zentralen Entscheidungs-knoten, an dem ein Akteur sich für oder gegen den Beginn eines Entwicklungsprojekts entscheiden muss. Die grauen Kreise stellen Ereignisknoten dar, an denen sich in jeder Entwicklungsphase gemäß der jeweiligen Phasenwahrscheinlichkeit der Erfolg oder Misserfolg entscheidet. Die roten Dreiecke bilden schließlich die möglichen Endpunkte ab. R (*Rejection*) bezeichnet den Endpunkt, an dem das Projekt gar nicht erst begonnen wird; die Endpunkte F_1 bis F_7 (*Fail*) stehen für Konstellationen, in denen das Projekt in einer der Entwicklungsphasen scheitert; und S (*Success*) kennzeichnet den Endpunkt, an dem das Antibiotikum erfolgreich auf den Markt gelangt. Je-

der dieser Endpunkte ist mit einer spezifischen Auszahlung verknüpft, die sämtliche bis dahin angefallenen Entwicklungskosten und Erlöse sowie gegebenenfalls gewährte Anreizzahlungen umfasst und auf den Zeitpunkt der Investitionsentscheidung abdiskontiert wird.

Theoretisch wäre es neben den zufallsbedingten Ereignisknoten auch möglich, explizite Go-/No-Go-Entscheidungsknoten an den Phasenübergängen zu integrieren, an denen das Projekt aktiv verworfen werden kann. In dem hier abgebildeten Entscheidungsbaum und dem experimentellen Setting wird darauf jedoch bewusst verzichtet, um die Komplexität des Designs zu limitieren und die zentrale Forschungsfrage klar zu fokussieren. Erstens liegt der Schwerpunkt dieser Arbeit auf der initialen Investitionsentscheidung in die Entwicklung eines Antibiotikawirkstoffs, da dies aus Sicht von AMR-Experten und Regulierungsbehörden die zentrale und politisch relevante Frage darstellt. Zweitens wären realitätsnahe intraprozessuale Go-/No-Go-Entscheidungen nur durch die zusätzliche Definition individueller projektspezifischer Schwellenwerte, Informationsniveaus und Entscheidungsregeln abzubilden, was das Experimentaldesign erheblich verkomplizieren und die kognitive Belastung der Probanden deutlich erhöhen würde. Vor diesem Hintergrund wird im Experiment auf explizite intraprozessuale Go-/No-Go-Entscheidungen verzichtet, während alle anderen Charakteristika des Antibiotika-Entwicklungsprozesses unverändert erhalten bleiben und in aggregierter Form in die Auszahlungslogik des Experiments eingehen. Diese Vereinfachung ist zudem theoretisch durch das Axiom der Reduktion mehrstufiger Lotterien gedeckt: Führen mehrstufige Handlungsalternativen zu identischen Ergebnisverteilungen, ist der Entscheidungsträger zwischen diesen indifferent, sodass sich die Risikoeinstellung in der Bewertung der Gesamtergebnisverteilung manifestiert und nicht von der konkreten zeitlichen Auflösung der Unsicherheit abhängt (vgl. Eisenführ & Weber, 1994, S. 207 f.).

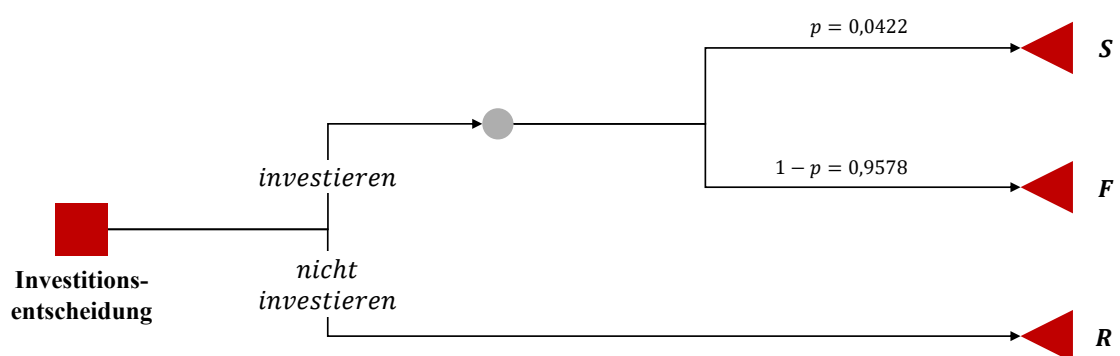


Abbildung 3.3: Entscheidungsbaum im Investitionsspiel (eigene Darstellung)

Fasst man den Entscheidungsbaum aus Abbildung 3.2 zusammen, ergibt sich die in Abbildung 3.3 dargestellte abstrahierte Entscheidungssituation. Diese kondensiert die Problemstellung auf die binäre Wahl „**Investieren**“ oder „**Nicht investieren**“ und reduziert die Anzahl möglicher Endpunkte. Entscheidet sich ein Akteur gegen die Investition, resultiert Endpunkt R , der mit einer Auszahlung von 0 verbunden ist. Im Falle einer Investition existieren zwei Ergebniszu-
stände: Mit der Gesamterfolgswahrscheinlichkeit (vgl. Kapitel 3.1 sowie Tabelle 3.1)

$$P_{T_7} = \prod_{k=1}^7 p_{T_k} = 0,0422$$

wird Endpunkt S erreicht und das Projekt erfolgreich abgeschlossen, während im komplementären Fall der Endpunkt F eintritt, der sämtliche vorherigen Pfade umfasst, in denen das Projekt in einer der Entwicklungsphasen scheitert. Die Auszahlung im Scheiterfall lässt sich dabei als Erwartungswert über alle möglichen Fehlschlagpfade (F_1, \dots, F_7) darstellen:

$$F = \frac{1}{0,9578} \left[(1 - p_{T_1}) \cdot F_1 + p_{T_1} \cdot (1 - p_{T_2}) \cdot F_2 + \dots + \prod_{k=1}^6 p_{T_k} \cdot (1 - p_{T_7}) \cdot F_7 \right]$$

Durch diese Aggregation werden die Vielzahl möglicher Endpunkte auf eine für die Probanden handhabbare Zahl von Ergebniszuständen reduziert, ohne die zugrunde liegende risikobehaftete Struktur der Investitionsentscheidung zu verfälschen.

Tabelle 3.3: Auszahlungen der Endpunkte je Anreizdesign im Investitionsspiel (eigene Darstellung)

Anreizmodell	S_{KMU}	F_{KMU}	S_{Big}	F_{Big}
Ohne Anreizmechanismen	75,0	-10,5	169,5	-14,5
Forschungsförderung	80,0	-5,5	174,5	-9,5
Markteintrittsprämie	122,5	-10,5	217,0	-14,5
Meilensteinprämien	106,5	-9,0	201,0	-13,0
Forschungsförderung & Markteintrittsprämie	101,0	-8,0	195,5	-12,0
Ganzheitliches Förderungsmodell	106,5	-8,5	201,0	-12,5

Alle Werte wurden auf Schritte von 0,5 gerundet.

Für KMU- und Big Pharma-Akteure ergeben sich aufgrund ihrer jeweils individuellen Kosten- und Erlösstrukturen unterschiedliche Auszahlungen in den Endpunkten des Investitionsspiels, die in Tabelle 3.3 zusammengefasst sind. Die dort sowie in den folgenden Tabellen berichteten Beträge sind konsistent mit dem Antibiotika-Fördermodell in Millionen USD parametrisiert und

werden im Experiment unverändert übernommen, um eine möglichst realitätsnahe Abbildung der ökonomischen Größenordnung zu gewährleisten.

Die konkreten Auszahlungswerte im Erfolgs- bzw. Scheiterszenario verdeutlichen die unterschiedliche Wirkweise der Anreizdesigns noch prägnanter als die zuvor in Tabelle 3.2 berichteten $ENPV_0$ -Werte der verschiedenen Designs. So lässt sich deskriptiv zeigen, dass die in der Wertschöpfungskette früh ansetzenden Anreizmechanismen – wie etwa die Forschungsförderung – vorwiegend mögliche Verluste im Scheiterszenario mindern, während spät ansetzende Anreizmechanismen, wie die Markteintrittsprämie, die Ertragsaussichten im Erfolgsfall erhöhen. Aus einer entscheidungstheoretischen Perspektive lassen sich die verschiedenen Anreizdesigns als Lotterien mit derselben Wahrscheinlichkeitsverteilung interpretieren, die jeweils mit unterschiedlichen Gewinn- und Verlustprofilen einhergehen. Einige Anreizdesigns ähneln dabei einer Lotterie mit hohem potenziellem Gewinn, aber auch hohem Verlust (Markteintrittsprämie), während andere eher einem Szenario mit moderaterem Gewinn, aber begrenztem Verlust entsprechen (Forschungsförderung). Auf diese Interpretation wird im Rahmen der Entwicklung der Forschungsthesen und -hypothesen in Kapitel 3.2.4 detailliert eingegangen.

Des Weiteren werden im Interakteurvergleich der Auszahlungen nochmals die Unterschiede der Kosten- und Erlösstrukturen deutlich. Es zeigt sich, dass KMUs mit geringeren Verlusten im Scheiterfall zu rechnen haben, da sie innerhalb der ersten drei Wertschöpfungsstufen Kostenvorteile gegenüber Big Pharma aufweisen, in denen die Scheiterrisiken besonders hoch sind. Gleichzeitig kann Big Pharma im Erfolgsszenario mit einem höheren Gewinn als ein KMU rechnen, da sie in den kapitalintensiven späten Wertschöpfungsstufen kosteneffizienter sind und höhere Umsätze realisieren können.

3.2.2.2 Kooperationsspiel

Die im vorherigen Abschnitt dargestellte Entscheidungssituation bildet den Fall einer vollständigen Eigenentwicklung eines Antibiotikums ab und berücksichtigt noch nicht die im Antibiotika-Fördermodell eingeführte Kooperationsmöglichkeit zwischen KMU und Big Pharma. Durch die Integration einer Kooperationsoption wird eine zusätzliche Entscheidungssituation in der Mitte des Wertschöpfungsprozesses, nach Abschluss der klinischen Studien Phase II, geschaffen. Dieser Zeitpunkt entspricht im realen Markt jener Situation, in der Patenttransfers oder Lizenzdeals zwischen kleineren entwickelnden Unternehmen und großen Pharmaunternehmen häufig verhandelt werden. Die Einbettung der Kooperationsoption in das Experimentaldesign erlaubt es, im Labor zentrale Forschungsfragen hinsichtlich der Wirksamkeit von Anreizdesigns bezogen auf eine wohlfahrtsorientierte Lösung zu adressieren.

Aus Sicht eines KMUs entsteht nach einer positiven initialen Investitionsentscheidung nun eine zweite Entscheidungssituation:⁸ Dieses kann entweder die Strategie „**Eigener Markteintritt**“ wählen und den Weg einer eigenständigen Weiterentwicklung verfolgen oder sich für „**Verhandeln**“ entscheiden und in Verhandlungen mit einem Big Pharma-Akteur über den Verkauf des Wirkstoffpatents eintreten (vgl. Abbildung 3.4).

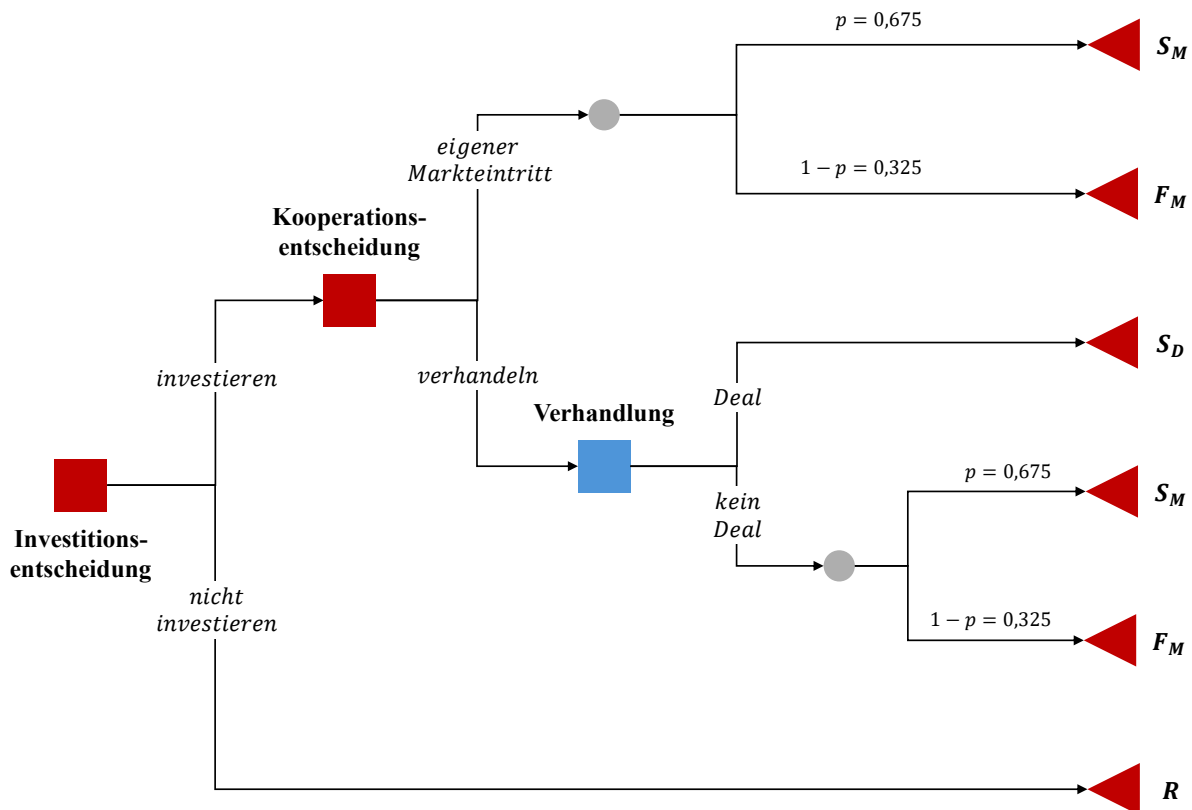


Abbildung 3.4: Entscheidungsbaum eines KMUs im Kooperationsspiel (eigene Darstellung)

Die Möglichkeit der Verhandlung besteht jedoch nur dann, wenn es tatsächlich Big Pharma-Akteure gibt, die an einem Erwerb interessiert sind (siehe hierzu die Darstellung des Entscheidungsbaums von Big Pharma in Abbildung 3.5). Entscheidet sich das KMU gegen eine Verhandlung oder scheitert diese, verfolgt dieses die Strategie der weiteren Eigenentwicklung bis zum Markteintritt. Dieser Pfad kann mit einem erfolgreichen Markteintritt enden, der in der Auszahlung S_M resultiert, oder mit einem Scheitern in den verbleibenden Phasen, das in der Auszahlung F_M mündet. Im Endpunkt F_M sind entsprechend der vorherigen Logik wieder

⁸ Aus Praktikabilitätsgründen wird im Experimentaldesign unterstellt, dass alle KMU-Akteure, die investieren, die ersten drei Wertschöpfungsstufen erfolgreich durchlaufen. Die mit diesen frühen Phasen verbundenen Risiken werden im Experiment nicht explizit abgebildet, um die Stichprobengröße beherrschbar zu halten und die Häufigkeit beobachtbarer Kooperationsituationen sicherzustellen.

sämtliche Pfade inkludiert, in denen das Projekt in einer der letzten drei Entwicklungsphasen scheitert. Die Erfolgswahrscheinlichkeit ergibt sich als Produkt der Erfolgswahrscheinlichkeiten der verbleibenden Entwicklungsphasen und beträgt:

$$\prod_{k=4}^7 p_{T_k} = 0,675$$

Kommt hingegen ein Deal mit einem Big Pharma-Akteur zustande, erhält das KMU als Auszahlung den vereinbarten Kaufpreis X für das Wirkstoffpatent, was in Endpunkt S_D mündet. Eine Übersicht der Auszahlungen der einzelnen Endpunkte eines KMUs im Kooperationspiel liefert Tabelle 3.4.

Tabelle 3.4: Auszahlungen der Endpunkte im Kooperationspiel für ein KMU (eigene Darstellung)

Anreizmodell	$S_{M,KMU}$	$F_{M,KMU}$	S_D
Ohne Anreizmechanismen	207,0	-117,0	X
Forschungsförderung	207,0	-117,0	X
Markteintrittsprämie	309,0	-117,0	X
Meilensteinprämien	241,0	-114,5	X
Forschungsförderung & Markteintrittsprämie	258,0	-117,0	X
Ganzheitliches Förderungsmodell	260,0	-112,5	X

Alle Werte wurden auf Schritte von 0,5 gerundet.

Aus Sicht eines Big Pharma-Akteurs bildet die Einführung der Kooperationsmöglichkeit eine klassische Make-or-Buy-Entscheidung ab, wie sie häufig in den strategischen Überlegungen großer Pharmaunternehmen zu beobachten ist. Ein Big Pharma-Akteur kann sich entscheiden, ein eigenes Antibiotikaprojekt vollständig im Unternehmen zu entwickeln („**Investieren – Make**“), eine Buy-Strategie zu verfolgen und gezielt nach Wirkstoffen von KMUs zu suchen, die sich nach Abschluss der klinischen Phasen II zum Erwerb eignen („**Investieren – Buy**“) oder gänzlich auf eine Investition in den Markt zu verzichten („**Nicht investieren**“). Aus diesen strategischen Handlungsoptionen ergibt sich aus Sicht eines Big Pharma-Akteurs der in Abbildung 3.5 dargestellte Entscheidungsbaum.

Verfolgt ein Big Pharma-Akteur eine Make-Strategie, entspricht seine Entscheidung derjenigen einer vollständigen Eigenentwicklung, sodass im Erfolgsfall der Endpunkt S_M und im Misserfolgsfall der Endpunkt F_M mit der jeweiligen Erfolgs- bzw. Scheiterwahrscheinlichkeit erreicht wird. Im Falle einer gewählten Buy-Strategie kommt es zu einer Kooperationsentscheidung, die darin besteht, ob der Big Pharma-Akteur in eine Kaufpreisverhandlung mit einem

KMU zum Erwerb eines Wirkstoffpatents eintreten möchte („Verhandeln“ vs. „Nicht verhandeln“).

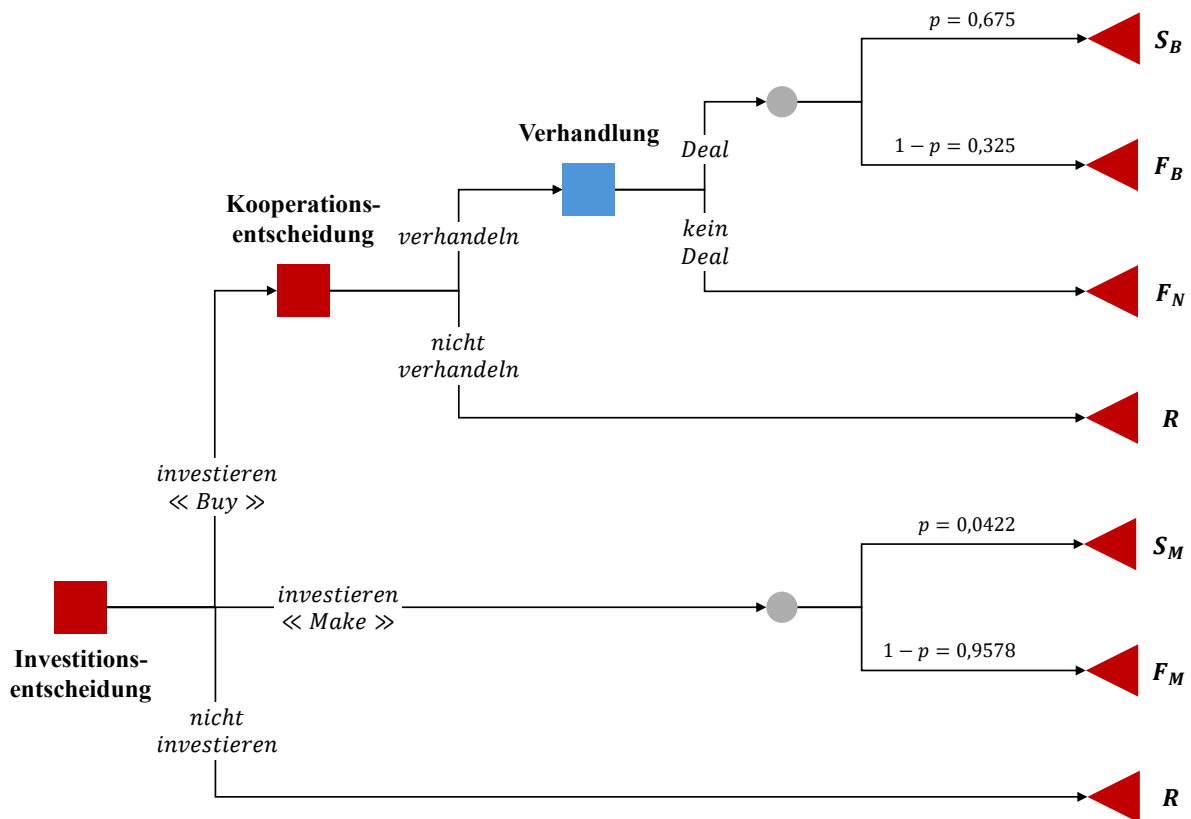


Abbildung 3.5: Entscheidungsbaum eines Big Pharma-Akteurs im Kooperationsspiel (eigene Darstellung)

Zum Zeitpunkt der Kooperationsentscheidung erfolgt ein Marktüberblick: Für alle Akteure (KMU und Big Pharma) ist im Experiment transparent einsehbar, wie viele KMUs zu diesem Zeitpunkt über einen entwickelten Wirkstoff verfügen und wie viele Big Pharma-Akteure eine Buy-Strategie verfolgen. Damit wird zum einen die Marktrealität abgebildet, in der zumeist bekannt ist, welche KMUs an Wirkstoffen arbeiten und in welchem Entwicklungsstand sich diese befinden, und in der Big Pharma potenzielle Akquisitionsziele identifizieren und ansprechen kann. Zum anderen wird so vermieden, dass Kooperationsentscheidungen im Experiment unter Informationsmangel über potenzielle Partner getroffen werden müssen.

Die Verhandlung selbst ist innerhalb des Experiments als bilaterale Preisverhandlung ausgestaltet, bei der mithilfe eines *Stranger Designs*⁹ jeweils zufällig ein interessierter Käufer (Big

⁹ In einem Stranger Design werden die Gruppen (Verhandlungspaarungen) in jeder Periode zufällig neu zusammengesetzt, sodass Teilnehmende in aufeinanderfolgenden Runden mit wechselnden, anonym bleibenden Mitspielern interagieren und keine stabilen Beziehungen aufbauen können (vgl. Andreoni & Croson, 2008).

Pharma wählt „*verhandeln*“ mit einem interessierten Verkäufer (KMU wählt „*verhandeln*“) gepaart wird. Es handelt sich um eine reine Preisverhandlung ohne weitergehende Kommunikation, in der beide Parteien zu jedem Zeitpunkt Gebote bzw. Preisforderungen abgeben können. Sobald das Kaufangebot eines Big Pharma-Spielers das Verkaufsangebot des KMUs erreicht oder übersteigt, kommt ein Vertrag zustande und das Wirkstoffpatent wird zum vom KMU geforderten Preis transferiert. Die Anzahl der Gebote ist nicht begrenzt, die Verhandlung ist jedoch zeitlich auf zwei Minuten beschränkt. Während der Verhandlung haben beide Parteien jederzeit die Möglichkeit, diese zu beenden (Big Pharma) bzw. einen eigenen Markteintritt zu verfolgen (KMU). Diese Outside-Optionen werden automatisch realisiert, wenn die vorgegebene Verhandlungszeit ohne Einigung abläuft.

Tabelle 3.5: Auszahlungen der Endpunkte im Kooperationsspiel für Big Pharma (eigene Darstellung)

Anreizmodell	$S_{M,Big}$	$F_{M,Big}$	S_B	F_B	F_N
Ohne Anreizmechanismen	169,5	-14,5	$432,5 - X$	$-78,0 - X$	-20,0
Forschungsförderung	174,5	9,5	$433,0 - X$	$-78,0 - X$	-20,0
Markteintrittsprämie	217,0	-14,5	$535,0 - X$	$-78,0 - X$	-20,0
Meilensteinprämien	201,0	-13,0	$468,0 - X$	$-75,0 - X$	-20,0
Forschungsförderung & Markteintrittsprämie	195,5	-12,0	$484,0 - X$	$-78,0 - X$	-20,0
Ganzheitliches Förderungsmodell	201,0	-12,5	$486,0 - X$	$-73,5 - X$	-20,0

Alle Werte wurden auf Schritte von 0,5 gerundet.

Aufgrund des beschriebenen Verhandlungsdesigns besteht die Möglichkeit eines Ungleichgewichts an Akteuren mit Verhandlungsinteresse. Besteht ein KMU-Überschuss, verfolgen diejenigen KMUs, denen kein Verhandlungspartner zugelost wurde, die Outside-Option des eigenen Markteintritts. Bei einem Überschuss kaufinteressierter Big Pharma-Akteure oder einem Scheitern der Verhandlungen fallen für den Big Pharma-Akteur geringfügige Verhandlungskosten an, die im Endpunkt F_N abgebildet werden.¹⁰ Im Fall eines zustande gekommenen Deals verfolgt Big Pharma die Strategie, den erworbenen Wirkstoff über die letzten drei Wertschöpfungsstufen bis zur Marktreife zu entwickeln, wobei mit der entsprechenden aggregierten Erfolgswahr-

¹⁰ Die Einführung von Verhandlungskosten im Scheiterszenario wurde in das Experimentaldesign integriert, um die Buy- bzw. Verhandlungsentscheidung nicht als No-regret-Option erscheinen zu lassen, bei der die Möglichkeit, nicht zu investieren, obsolet würde und die Buy-Strategie aufgrund der höheren Upside-Option stets dominant gegenüber dem Nichtinvestieren wäre. Realistischerweise ist zudem davon auszugehen, dass mit jeder Verhandlung direkte Kosten verbunden sind, etwa für die Identifikation eines geeigneten KMU bzw. Wirkstoffkandidaten, die Prüfung und Bewertung des Projekts sowie den eigentlichen Verhandlungsprozess, sodass die Modellierung solcher Verhandlungskosten nicht nur aus spieltheoretischer, sondern auch aus empirischer Sicht plausibel ist.

scheinlichkeit der Endpunkt S_B (erfolgreicher Markteintritt) bzw. im Scheiterfall der Endpunkt F_B erreicht wird. Die Auszahlungen in diesen Endpunkten ergeben sich, wie bereits zuvor, aus den diskontierten Entwicklungskosten und Erlösen der verbleibenden Phasen abzüglich des gezahlten Kaufpreises X für den Wirkstoff. Die Auszahlungen der einzelnen Endpunkte eines Big Pharma-Akteurs im Kooperationsspiel sind in Tabelle 3.5 dargestellt.

3.2.2.3 Weitere Designelemente

Nachdem die grundlegenden Spielsituationen und Entscheidungsbäume mit den jeweiligen Auszahlungen erläutert wurden, werden nun die weiteren Elemente des Experimentaldesigns beschrieben. Um die beiden vorgestellten Spiele in einem konkreten Experiment umsetzen und testen zu können, stellen sich einige Designfragen, die im Folgenden adressiert werden. Fest steht, dass in beiden Spielen die fünf identifizierten Anreizdesigns als separate Treatments implementiert und getestet werden. Die Treatments werden dabei so integriert, dass – ceteris paribus – ausschließlich die Ausgestaltung des Anreizdesigns als zentrale unabhängige Variable variiert wird. Auf diese Weise können die beobachteten Unterschiede im Entscheidungsverhalten und anderen Outcome-Variablen kausal auf die Veränderung in der Anreizgestaltung zurückgeführt werden (vgl. Falk & Heckman, 2009).

Zunächst stellt sich die Frage nach der Wahl zwischen einem *Within-Subject-Design* und einem *Between-Subject-Design*. In einem *Within-Subject-Design* durchlaufen dieselben Probanden mehrere Treatments, sodass der Vergleich der Entscheidungen „innerhalb“ ein und derselben Person erfolgt (vgl. Greenwald, 1976). Demgegenüber nehmen Probanden in einem *Between-Subject-Design* jeweils nur an einem einzigen Treatment teil, sodass der Vergleich „zwischen“ Personen erfolgt (vgl. Weimann & Brosig-Koch, 2019, S. 157 f.). Ein wesentlicher Vorteil des *Within-Subject-Designs* liegt darin, dass jede Versuchsperson Entscheidungen in mehreren Treatments trifft und damit pro Person mehr Beobachtungen generiert werden. Dies erhöht die statistische Power und reduziert zugleich den Rekrutierungsaufwand (vgl. Keren & Lewis, 1993). Zudem wird dem *Within-Subject-Design* eine größere interne und externe Validität gegenüber dem *Between-Subject-Design* zugesprochen (vgl. Charness et al., 2012). Durch die wiederholte Teilnahme derselben Personen an mehreren Treatments können jedoch Abhängigkeitsstrukturen und Reihenfolge- bzw. Lerneffekte entstehen, die bei der Datenauswertung berücksichtigt werden müssen. Methodisch erfordert dies den Einsatz statistischer Verfahren, die Panel- bzw. Messwiederholungsstrukturen explizit modellieren. Vor dem Hintergrund der hohen Relevanz eines direkten, intraindividuellen Vergleichs der unterschiedlichen Anreizdesigns bietet ein *Within-Subject-Design* für die vorliegende experimentelle Untersuchung eine geeignete Wahl.

Bei der Einbettung der Treatments erscheint es sinnvoll, zwischen Investitions- und Kooperationsspiel zu unterscheiden. Im Investitionsspiel bietet es sich an, die Investitionsentscheidungen

in den fünf Treatments **simultan** zu erfassen, da es sich um eine einstufige Entscheidungssituation handelt. Den Probanden können daher alle fünf Anreizdesigns gleichzeitig auf einer Entscheidungsoberfläche präsentiert werden, auf der sie für jedes Treatment separat entscheiden müssen, ob sie investieren möchten oder nicht. Durch die gleichzeitige Darstellung wird es den Versuchspersonen ermöglicht, die Attraktivität der Treatments unmittelbar zu vergleichen und Abwägungen zwischen den unterschiedlichen Anreizprofilen vorzunehmen, ohne dass Reihenfolge- oder Lerneffekte zwischen Treatments entstehen. Hierdurch können Präferenzunterschiede zwischen den verschiedenen Anreizdesigns deutlich identifiziert werden.

Im Kooperationsspiel ist eine simultane Erhebung der Entscheidungen über alle Treatments hingegen aufgrund der zweistufigen Entscheidungssituation inklusive potenzieller Verhandlung zwischen zwei Spielern nicht sinnvoll. Die Treatments und Entscheidungssituationen werden daher in einer **sequenziellen** Abfolge durchlaufen, sodass die Probanden nacheinander Entscheidungen in den verschiedenen Anreizumgebungen treffen. Dies kann zwar zu Lern- und Erfahrungseffekten führen, die jedoch sowohl durch eine geeignete Randomisierung der Reihenfolge der Treatments (siehe Abschnitt 3.2.3.2) als auch im Rahmen der statistischen Auswertung adressiert werden können.

Von einer Randomisierung der Reihenfolge zwischen Investitionsspiel und Kooperationsspiel innerhalb des Experiments wird hingegen abgesehen. Die Probanden durchlaufen stets zunächst das Investitionsspiel und im Anschluss das Kooperationsspiel. Einerseits eignet sich das Investitionsspiel als natürliche Einführung in das Experiment, weil dort alle fünf Anreizdesigns simultan auf einer Entscheidungsoberfläche präsentiert werden und die Probanden mit den grundlegenden Auszahlungs- und Anreizstrukturen vertraut gemacht werden, bevor sie im Kooperationsspiel mit komplexeren Interaktionen konfrontiert werden. Des Weiteren sind keine starken inhaltlichen Abhängigkeiten zu erwarten, da sich die Entscheidungssituationen in beiden Spielen deutlich voneinander unterscheiden.

Über die Wirkung des Framings wurde bereits in Abschnitt 3.2.1.1 ausführlich diskutiert und die Entscheidung für ein präzises, detailliertes Framing des Experiments begründet. Umgesetzt wird dies zum einen dadurch, dass die Probanden ihre zugewiesene Akteursrolle während des gesamten Experiments beibehalten. Dies reduziert die kognitive Belastung, da sich die Teilnehmenden nicht wiederholt in neue Rollen einfinden müssen, und unterstützt zugleich die Identifikation mit der jeweiligen Perspektive. Zum anderen kommt den Instruktionen eine zentrale Rolle für das Storytelling und Framing der Entscheidungssituationen zu (vgl. Friedman & Sunder, 1994). Bei der Erstellung der Instruktionstexte wurde deshalb darauf geachtet, diese einerseits so kurz wie möglich und so detailliert wie nötig zu formulieren und andererseits die Probanden möglichst gut in ihre jeweilige Entscheidungssituation einzuführen (siehe A.3 im Anhang).

In den initialen Instruktionen vor Beginn des Investitionsspiels werden die Situation im Antibiotikamarkt sowie der sechsstufige Wertschöpfungsprozess mit den inhärenten Risiken, Kos-

ten und Zeitdauern beschrieben. Während für Zeitdauern und Kosten konkrete Werte angegeben werden, wird bewusst darauf verzichtet, exakte Phasen-Erfolgswahrscheinlichkeiten zu nennen, um zu vermeiden, dass Probanden aufwändig Erwartungswerte berechnen und ihre Entscheidungen primär daran ausrichten. Im Mittelpunkt soll grundsätzlich stehen, wie die unterschiedlichen Zeitpunkte und Ausgestaltungen der Anreizzahlungen in Kombination mit Erfolgs- und Verlustprofilen auf die Entscheidungspräferenzen wirken, nicht die Bewertung einzelner Erwartungswerte. Das Risiko des Scheiterns wird deshalb über eine artifizielle Historie vergangener Antibiotikaprojekte vermittelt, in der die Häufigkeit von Erfolgen und Misserfolgen in den jeweiligen Entwicklungsphasen anschaulich in Tabellenform und mittels eines Sankey-Diagramms dargestellt wird (vgl. Anhang A.3.1). So erhalten die Probanden eine ungefähre Vorstellung von der Verteilung der Risiken im Wertschöpfungsprozess, ohne mit exakten Wahrscheinlichkeiten konfrontiert zu sein.

Die weiteren einleitenden Instruktionen erläutern die möglichen Ansatzpunkte der Anreizzahlungen, die konkrete Entscheidungssituation sowie das Vergütungsschema im Experiment. Vor Beginn des Kooperationsspiels werden ergänzende Instruktionen präsentiert, in denen die neue Situation beschrieben wird, insbesondere das Hinzukommen eines weiteren Entscheidungspunkts, die Möglichkeit einer Verhandlung und die grundsätzliche Option zur Kooperation. Zudem werden die jeweiligen Kostenvorteile der Akteursgruppen qualitativ dargestellt, um das Verständnis der strategischen Ausgangslage zu vertiefen (vgl. Anhang A.3.3). Zur Sicherstellung des Spielverständnisses werden nach beiden Instruktionsblöcken Verständnistests (vgl. Anhang A.3.2 und A.3.4) mit einem integrierten Attention Check (vgl. Gummer et al., 2021; Oppenheimer et al., 2009) durchgeführt (vgl. Jung et al., 2017).

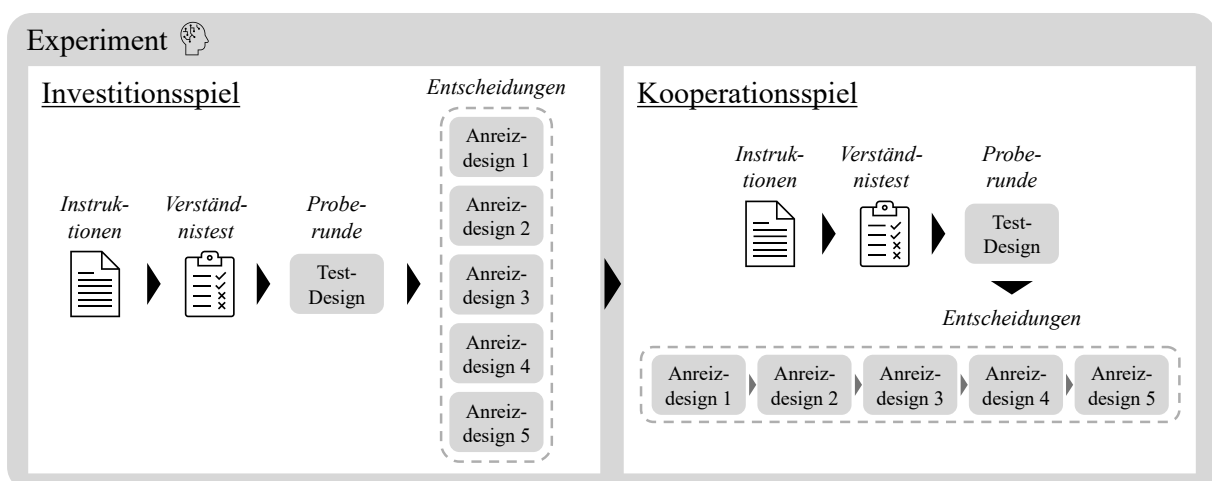


Abbildung 3.6: Ablauf des Experiments (eigene Darstellung)

Um den Probanden die Funktionsweise der Spiele zu verdeutlichen, werden vor den eigentlichen Entscheidungsrunden Proberunden durchgeführt, die den Spielmechanismus anhand eines

Test-Anreizdesigns illustrieren, jedoch nicht auszahlungsrelevant sind. Darüber hinaus erhalten die Probanden nach jedem durchlaufenen Treatment unmittelbar Rückmeldung über ihre erzielte Auszahlung, sodass ein transparenter Feedback- und Lernprozess gewährleistet ist. Abbildung 3.6 zeigt den schematischen Ablauf des Experiments.

Das Experiment ist grundsätzlich mit beliebig vielen Spielern pro Seite in einem Markt spielbar. In der vorliegenden Untersuchung wurde sich dazu entschieden, innerhalb einer Experiment-session fünf Spieler pro Akteursgruppe einzusetzen. Diese Gruppengröße stellt einerseits eine gute Handhabbarkeit während der Durchführung sicher und ermöglicht andererseits durch die Gleichverteilung der Spieleranzahl auf die beiden Akteursgruppen eine symmetrische Stichprobe, was eine balancierte Auswertung und Vergleichbarkeit der Daten erleichtert. Zwar ist die Population von KMUs in der Realität um ein Vielfaches größer als die von Big Pharma-Unternehmen. Ein entsprechendes Größenverhältnis im Experiment abzubilden, erscheint vor dem Hintergrund der genannten praktischen und statistischen Erwägungen jedoch nicht sinnvoll. Zudem ist die relevante Population derjenigen KMUs, die tatsächlich einen Wirkstoff bis mindestens zum Abschluss der klinischen Studien Phase II entwickeln, deutlich kleiner als die Gesamtheit aller KMUs, sodass eine strikte Orientierung am realen Mengenverhältnis auch inhaltlich nicht zwingend geboten ist.

Die Vergütung der Versuchspersonen erfolgt im Sinne der *Induced Value Theory* (vgl. Abschnitt 3.2.1.2) erfolgsabhängig auf Basis ihrer getroffenen Entscheidungen sowie der realisierten Ausgänge in den Spielen. Neben einer fixen Teilnahmevergütung in Höhe von 10 € kann jede Versuchsperson eine zusätzliche variable Auszahlung von bis zu 10 € erzielen, deren genaue Höhe unmittelbar von den im Experiment generierten Auszahlungen abhängt. Innerhalb der Spiele werden die Beträge den Probanden in Millionen Geldeinheiten (GE) präsentiert. Die am Ende des Experiments akkumulierte Summe in Geldeinheiten wird anschließend mit einem festen Umrechnungsfaktor von 1 Mio. GE = 0,01 € in eine monetäre Auszahlung überführt und an die Probanden ausbezahlt.

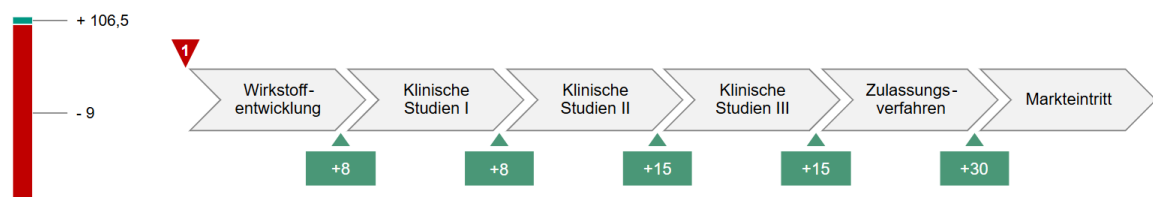
3.2.3 Implementierung der Experimentalplattform und Durchführung der Datenerhebung

Aufbauend auf dem im vorangegangenen Abschnitt erläuterten Experimentaldesign werden in den folgenden Abschnitten die Implementierung des Experiments auf der Experimentalplattform sowie die operativen Abläufe der Durchführung und Datenerhebung beschrieben. Abschließend erfolgt eine Darstellung der demografischen und erfahrungsbezogenen Merkmale der Stichprobe.

3.2.3.1 Realisierung der Experimentalplattform

Die Realisierung des Experiments erfolgte mithilfe der Open-Source-Software oTree (vgl. Chen et al., 2016), die sich neben zTree (vgl. Fischbacher, 2007) als Standardplattform zur Implementierung interaktiver Experimente, insbesondere im Bereich der Verhaltensökonomik und spieltheoretischen Forschung, etabliert hat. oTree ist browserbasiert und ermöglicht durch die flexible und modular erweiterbare Struktur das Design komplexer Versuchsaufbauten – von klassischen Auktionen und Public-Goods-Spielen bis hin zu umfangreichen, mehrpersonalen Entscheidungs- und Interaktionsszenarien. Probanden benötigen auf ihrer Seite keine zusätzliche Softwareinstallation, was die Durchführung im Labor, online und im Feld, als auch die Rekrutierung stark vereinfacht (vgl. Chen et al., 2016).

Anreiz Meilensteinprämien: Meilensteinprämien belohnen das Erreichen von Wertschöpfungsstufen.



Entscheiden Sie, ob Sie unter diesen Marktbedingungen investieren wollen oder nicht.

- Investieren.
 Nicht investieren.

Abbildung 3.7: Darstellung des Anreizdesigns und der Entscheidungssituation am Beispiel: Investitionsspiel, KMU, Anreizdesign Meilensteinprämien (eigene Darstellung)

Im Folgenden wird die Benutzeroberfläche aus Sicht der Teilnehmenden ausschnittsweise dargestellt, um den Kontext der jeweiligen Entscheidungssituationen zu verdeutlichen. Dabei wird sich auf jene Ansichten beschränkt, in denen unmittelbar Entscheidungen getroffen werden. Instruktionen, Verständnistests, Fragebögen und weiteres Material finden sich im Anhang (vgl. Anhang A.3). Die Oberfläche wurde bewusst möglichst intuitiv gestaltet, um kognitive Überforderung und damit verbundene Verzerrungen der erhobenen Daten zu vermeiden. Zur Validierung der Darstellungsweise wurden mehrere Pretests mit potenziellen Teilnehmenden durchgeführt, anhand derer der Informationsumfang auf das für das Spielverständnis notwendige Maß kalibriert wurde. Abbildung 3.7 zeigt exemplarisch, wie die Anreizdesigns und die jeweilige Entscheidungssituation im Experiment präsentiert werden.

Den Probanden wird ihre Entscheidungssituation im Kontext der jeweiligen Anreizdesigns so dargestellt, dass sie einerseits die Zeitpunkte und Höhe potenzieller Anreizzahlungen entlang der sechs Wertschöpfungsstufen nachvollziehen können. Andererseits wird den Teilnehmenden für jede Entscheidungssituation eine Balkenskala präsentiert, die sowohl die Auszahlung im Erfolgsfall (Wert am oberen, grünen Balken) als auch im Scheiterfall (Wert am unteren, ro-

Verhandlung

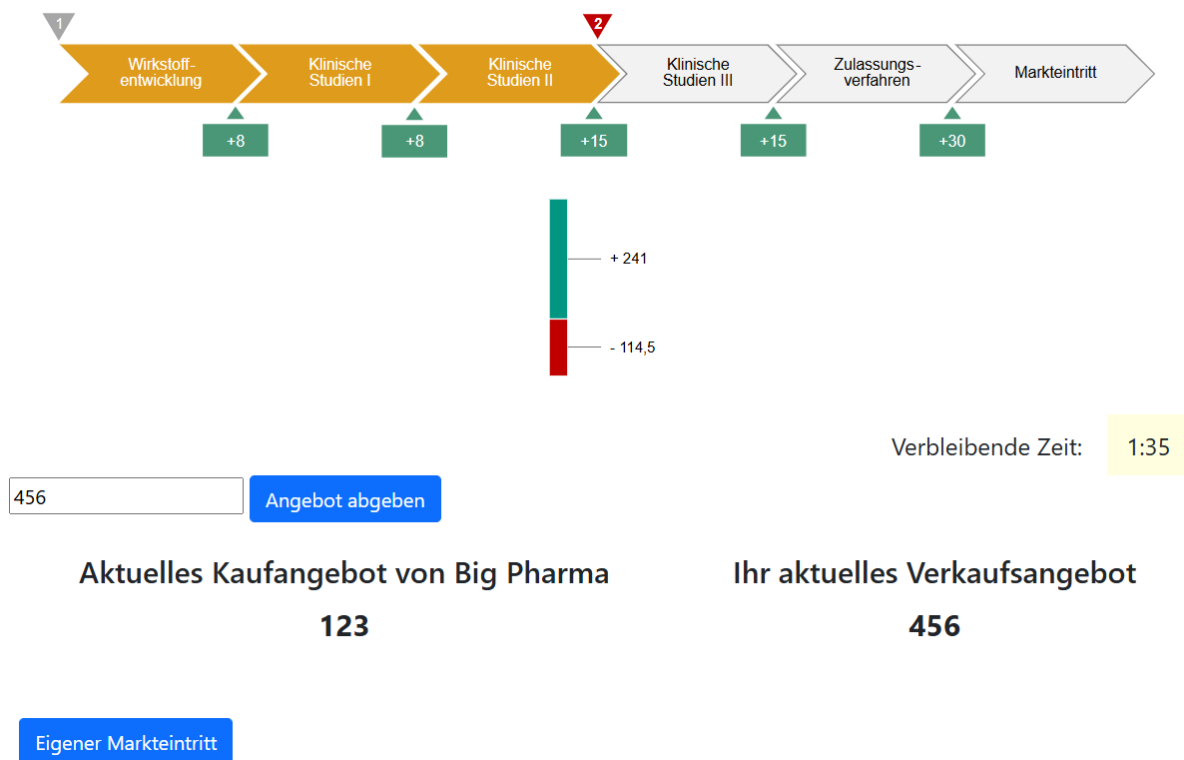


Abbildung 3.8: Darstellung der Verhandlungsoberfläche am Beispiel: Kooperationsspiel, KMU, Anreizdesign Meilensteinprämien (eigene Darstellung)

ten Balken) zeigt. Zusätzlich spiegelt die Höhe der jeweiligen Balken die Wahrscheinlichkeit des Eintretens wider (vgl. Abbildung 3.7 und Abbildung 3.8). So wird gewährleistet, dass zum einen die unterschiedlichen Anreizdesigns durch ihre sich differenzierenden Ansatzpunkte im Wertschöpfungsprozess klar hervortreten und zum anderen die möglichen Auszahlungen für die Probanden transparent und leicht nachvollziehbar sind. Zugleich wird vermieden, dass zusätzlicher kognitiver Aufwand durch potenzielle eigene Auszahlungsberechnungen entsteht, der das Entscheidungsverhalten beeinflussen könnte.

3.2.3.2 Durchführung der Datenerhebung

Bevor auf die operative Durchführung der Datenerhebung eingegangen wird, sei darauf hingewiesen, dass sowohl beim Experimentaldesign als auch bei der Durchführung und Datenauswertung höchster Wert auf die Einhaltung der zum Zeitpunkt des Experiments geltenden Datenschutzbestimmungen (vgl. Europäischen Union, 2016) und Ethikrichtlinien gelegt wurde. Das Experiment wurde auf Grundlage der COPE-Richtlinien zur guten Veröffentlichungspraxis (vgl. Committee on Publication Ethics (COPE), 1999) im Einklang mit den Ethikleitlinien des Karlsruher Instituts für Technologie (vgl. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2024)

durchgeführt.¹¹ Personenbezogene Daten, die für die Auszahlung der Probanden erhoben werden mussten, wurden strikt getrennt von den Experimentaldaten erfasst, gespeichert und nach erfolgter Auszahlung gelöscht. Die erhobenen, anonymen Experimentaldaten wurden sicher gespeichert und ausschließlich zu Forschungszwecken verwendet. Die Verknüpfung der Bankdaten mit der erreichten Auszahlungssumme erfolgte über einen individuellen Auszahlungscode, sodass eine dritte Person die Überweisungen vornehmen konnte, ohne Zugang zu den Experimentaldaten zu haben. Die Teilnahme am Experiment war vollkommen freiwillig. Vor Beginn wurden die Probanden explizit über die Freiwilligkeit der Teilnahme sowie über Art, Umfang und Zweck der Datenerhebung informiert.

Für die Rekrutierung der Probanden wurde auf die Teilnehmerdatenbank für Experimente des Lehrstuhls für Unternehmensführung (IBU) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) zurückgegriffen. Zum Zeitpunkt der ersten Experimentssession umfasste die Datenbank 246 Personen, überwiegend Studierende des KIT. Aus dieser Grundgesamtheit wurden potenzielle Teilnehmende randomisiert zu einzelnen oder wenigen ausgewählten Experimentterminen per E-Mail eingeladen. Jede Person konnte sich nur für einen Termin anmelden und nur einmal am Experiment teilnehmen. Pro Session wurden trotz einer erforderlichen Mindestteilnehmerzahl von zehn Probanden jeweils zwölf Personen eingeladen, um auch bei kurzfristigen Absagen die notwendige Anzahl an Teilnehmenden sicherzustellen. Sollte die Zahl der anwesenden Teilnehmenden in einer Session die erforderliche Zielgröße von zehn Probanden überschreiten, wurde per Zufallsverfahren bestimmt, welche Person(en) eine Aufwandsentschädigung („Show-Up Fee“) in Höhe von 10 € erhielten und die Session vor Beginn des Experiments wieder verlassen mussten.

Um Selektionseffekte im Rekrutierungsprozess weitestgehend auszuschließen, enthielt die Einladung zur Teilnahme keinerlei Hinweise auf den thematischen Fokus des Experiments, sodass die Teilnehmenden in ihrer Entscheidung zur Teilnahme nicht durch inhaltliche Vorkenntnisse oder Neigungen beeinflusst wurden (vgl. Slonim et al., 2013). Die einzige Voraussetzung, die explizit genannt wurde, bestand in sicheren Deutschkenntnissen, um ein umfassendes Verständnis der Instruktionen und Inhalte sicherzustellen. Nach erfolgter Anmeldung erhielten die Probanden eine Teilnahmebestätigung per E-Mail sowie eine zusätzliche Erinnerung 24 Stunden vor dem Experimentbeginn.

In der experimentellen Forschung wird empfohlen, ein detailliertes, standardisiertes Protokoll in Form einer Schritt-für-Schritt-Anleitung zu entwickeln, um sicherzustellen, dass jede Session unter vergleichbaren Bedingungen abläuft und anderen Forschenden eine Replikation des Experiments ermöglicht wird (vgl. Jung et al., 2017). Der schematische Ablauf einer Experimentssession ist in Abbildung 3.9 dargestellt. Weitere Unterlagen finden sich im Anhang A.3.

¹¹ Aufgrund des nicht-invasiven, anonymen und risikoarmen Charakters des Experiments wurde keine zusätzliche formale Ethikvotierung benötigt.

Die Erhebungsumgebung umfasste einen Begrüßungsraum für die Begrüßung und initiale Ansprache der Teilnehmenden sowie zwei Experimentallabore mit jeweils fünf durch Sichtblenden voneinander getrennten Rechnerplätzen. Innerhalb eines Labors war jeweils nur eine Spielergruppe (KMU, Big Pharma) untergebracht, um jegliche direkte Kommunikation, insbesondere im Kontext potenzieller Verhandlungen, zu unterbinden. Zusätzlich war in jedem Laborraum durchgängig eine Versuchsaufsicht anwesend, um bei Verständnisfragen zu unterstützen und unzulässige Kommunikation gegebenenfalls zu unterbinden. Zugelassen waren ausschließlich Rückfragen zu technischen Aspekten oder zu Verständnisproblemen hinsichtlich der Inhalte, wohingegen strategische Hinweise oder Empfehlungen zum Entscheidungsverhalten ausdrücklich nicht gegeben wurden. Die Zuordnung der Teilnehmenden zu den Spielergruppen sowie zu den konkreten Rechnerplätzen erfolgte im Rahmen der initialen Ansprache per Losverfahren, bei dem die Probanden einen Rechnerplatzzettel mit individuellem Auszahlungscode erhielten. Am jeweiligen Rechnerplatz lagen die Instruktionen zusätzlich zur Anzeige am Bildschirm in gedruckter Form aus.

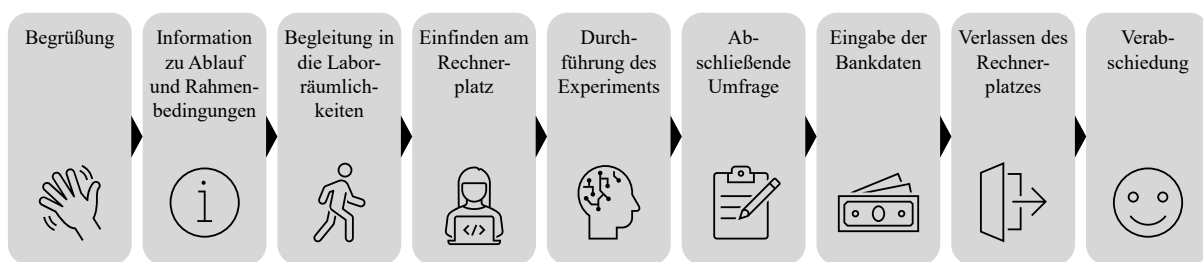


Abbildung 3.9: Ablauf einer Experimentersession (eigene Darstellung)

Insgesamt wurden zwischen dem 2. und 17. Dezember 2024 an Werktagen zwischen 10 und 16 Uhr zehn Experimentersitzungen durchgeführt, wodurch eine Stichprobe von $n = 100$ Teilnehmenden erzielt wurde. Die Dauer einer Sitzung lag zwischen 45 und 53 Minuten.

Im gewählten Within-Subject-Design durchlief jede Versuchsperson in den beiden Spielen alle fünf Treatments, sodass pro Person mehrere Messwerte erhoben und wiederholte (abhängige) Beobachtungen innerhalb einer Sitzung entstanden. Um potenzielle Reihenfolgeeffekte – z.B. bedingt durch Lernprozesse, Gewöhnung oder Ermüdung (vgl. Czajkowski et al., 2014) – sowie andere Störfaktoren zu kontrollieren (vgl. Weimann & Brosig-Koch, 2019), wurde für die Anordnung der Treatments ein unvollständiges *Counterbalanced Measures Design*, konkret das **Latin-Square-Design**, herangezogen (vgl. Leonhart, 2008; Reese, 1997). Während eine vollständige Ausbalancierung aller möglichen Treatmentabfolgen bei fünf Bedingungen theoretisch 120 unterschiedliche Sequenzen erfordert hätte und damit für die praktische Durchführung unpraktikabel gewesen wäre, ermöglicht das Latin-Square-Design eine Reduktion auf eine handhabbare Anzahl von Kombinationen bei Beibehaltung wesentlicher Kontrolleigenschaften. Das

Design stellt sicher, dass jedes der fünf Treatments in allen Positionen der Reihenfolge gleich häufig auftritt und dass jedes Treatment jedem anderen Treatment sowohl zweimal vorausgeht als auch zweimal nachfolgt. Konkret bedeutet dies, dass beim Investitionsspiel die Reihenfolge der Treatments jeweils auf der Anzeigeseite variiert wurde, während im Kooperationsspiel die Abfolge der Treatments innerhalb der Sequenz unterschiedlich ausfiel. Zusätzlich wurden die Labore den Spielergruppen balanciert zugewiesen, sodass jede Gruppe jeweils fünfmal in einem Labor spielte, um potenzielle Laboreffekte als Störfaktoren weiter zu kontrollieren. Eine Übersicht der Treatmentabfolgen je Session ist in Tabelle 3.6 dargestellt.

Tabelle 3.6: Übersicht der Treatmentabfolgen im Latin-Square-Design (eigene Darstellung)

Session	Pos 1	Pos 2	Pos 3	Pos 4	Pos 5	Labor A	Labor B
1	MP	FF	MS	FP	GF	Big Pharma	KMU
2	MS	GF	MP	FP	FF	Big Pharma	KMU
3	FP	GF	FF	MS	MP	KMU	Big Pharma
4	FF	MP	FP	MS	GF	KMU	Big Pharma
5	MS	MP	GF	FF	FP	KMU	Big Pharma
6	GF	FP	MS	FF	MP	Big Pharma	KMU
7	FF	FP	MP	GF	MS	Big Pharma	KMU
8	MP	MS	FF	GF	FP	KMU	Big Pharma
9	GF	MS	FP	MP	FF	KMU	Big Pharma
10	FP	FF	GF	MP	MS	Big Pharma	KMU

MP=Markteintrittsprämie, FF=Forschungsförderung, MS=Meilensteinprämien,
FP=Forschungsförderung & Markteintrittsprämie, GF=Ganzheitliches Förderungsmodell

In Tabelle 3.7 wird ein Überblick über die Eigenschaften der Stichprobe gegeben. Die Daten wurden im Rahmen des abschließenden Fragebogens erhoben, der von den Probanden unmittelbar nach Abschluss des Experiments ausgefüllt wurde.

Die Zusammensetzung der Stichprobe ist durch eine Überrepräsentanz männlicher Personen (75 %) geprägt, die aus dem hohen Anteil männlicher Studierender am KIT resultiert. Studien wie die von Eckel und Grossman (2008) zeigen jedoch, dass das Geschlecht bei Entscheidungen unter Risiko in experimentellen Settings kaum eine Rolle spielt, wohingegen Unterschiede eher in risikoarmen Spielen (etwa Ultimatum- oder Diktatorspiel) oder in Kontexten mit direkter face-to-face-Interaktion auftreten.

Der hohe Anteil in der Altersgruppe der 18 bis 25 Jährigen (91 %) ist der studentischen Rekrutierungsquelle geschuldet. Da damit Erfahrungs- oder Senioritätseffekte nur in geringem Maß zu erwarten sind, treffen die Teilnehmenden ihre Entscheidungen überwiegend aus einer Perspektive ohne langjährige Berufspraxis und unter akademisch geprägten Voraussetzungen. Die

Tabelle 3.7: Übersicht der Stichprobe (eigene Darstellung)

Merkmal	Ausprägung	Anteil
Geschlecht	Männlich	75 %
	Weiblich	25 %
Alter	18–21 Jahre	58 %
	22–25 Jahre	33 %
	26–29 Jahre	7 %
	30–33 Jahre	2 %
Bildungsstand	Abitur	72 %
	Bachelor	19 %
	Master/Diplom	5 %
	Kaufmännische Ausbildung	2 %
	Promotion	1 %
	Keine Antwort zutreffend	1 %
Fachrichtung	Wirtschaftsingenieurwesen	79 %
	Informatik	6 %
	Andere	6 %
	Wirtschaftsinformatik	3 %
	Mathematik	3 %
	Bauingenieurwesen	1 %
	Chemie	1 %
	Keine Angabe	1 %
Risikoeinstellung	1: risikoavers	0 %
	2	0 %
	3	14 %
	4	13 %
	5: risikoneutral	41 %
	6	28 %
	7	3 %
	8	0 %
	9: risikofreudig	1 %
Teilnahme an Experimenten	Keine	71 %
	1–2	16 %
	3–4	7 %
	5–6	3 %
	> 6	3 %
Kenntnisse Pharmabranche	Sehr gut	0 %
	Gut	8 %
	Mittel	34 %
	Schlecht	44 %
	Sehr schlecht	13 %
	Keine Angabe	1 %
Verständnis Instruktionen und Spielablauf	Sehr gut	59 %
	Gut	34 %
	Grundlegend	7 %
	Kaum	0 %
	Gar nicht	0 %

Stichprobe besteht zudem überwiegend aus Studierenden aus wirtschafts- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen und spiegelt damit eine Population wider, die als im Umgang mit komplexen Entscheidungssituationen geübt und mit einer hohen Informationsverarbeitungskapazität ausgestattet betrachtet werden kann.

Die Risikoeinstellung der Probanden wurde mittels eines *Multiple Price List (MPL)-Tests* mit variierenden Sicherheitsäquivalenten erfasst (vgl. Abdellaoui et al., 2011; Cohen et al., 1987; Schubert et al., 1999). Ein Wert zwischen 5 und 6 auf der Skala indiziert Risikoneutralität, Werte kleiner 5 signalisieren Risikoaversion und Werte größer 6 Risikofreude (vgl. Abdellaoui et al., 2011). Demnach sind 69 % der Teilnehmenden als eher risikoneutral und etwa 27 % als eher risikoavers einzustufen.

Schließlich verfügt die Mehrheit der Stichprobe weder über häufige Teilnahmen an Experimenten (71 % ohne vorherige Teilnahme) noch über einschlägige Branchenkenntnis. Dies ist aus Sicht der Dateninterpretation vorteilhaft, da so das Risiko von Verzerrungen aufgrund spezifischen Vorwissens minimiert und die Entscheidungssituation allein auf Basis der experimentellen Instruktionen und des gesetzten Frames beurteilt wird. Gleichzeitig verdeutlichen die sehr guten und guten Selbstbeurteilungen (93 %) zum Verständnis der Instruktionen und des Ablaufs, dass der Experimentalaufbau verständlich und zugänglich war und Fehldeutungen als Ursache für Verhaltensanpassungen weitgehend ausgeschlossen werden können.

3.2.4 Herleitung der Forschungsthese und -hypothesen

Die Formulierung von Hypothesen nimmt in der experimentellen Forschung eine zentrale, zugleich aber auch umstrittene Rolle ein. Einerseits dienen sie als Strukturierungsinstrument: Sie leiten das Experimentaldesign, definieren, welche Daten relevant sind, und ermöglichen es zu prüfen, ob die gewonnenen Informationen tatsächlich zur Beantwortung der Forschungsfrage beitragen. Andererseits besteht die Befürchtung vor einer retrospektiven Hypothesengenerierung, die den wissenschaftlichen Anspruch der Objektivität gefährdet. Aus diesem Grund besteht der Konsens darin, dass Hypothesen idealerweise aus theoretischen Überlegungen *ex ante* abgeleitet werden, um das Experiment als theoriegeleitet und damit wissenschaftlich legitim zu gestalten (vgl. Weimann & Brosig-Koch, 2019, S. 196 f.).

Das vorliegende Experiment folgt einer explorativen Logik. Es zielt nicht darauf ab, ein spezifisches ökonomisches Modell zu überprüfen oder zwischen konkurrierenden Theorien zu diskriminieren. Vielmehr steht die Frage im Mittelpunkt, wie verschiedene Anreizdesigns das Investitions- und Kooperationsverhalten im Antibiotikamarkt beeinflussen. Dennoch ist es aus zwei Gründen sinnvoll, explizite Thesen und Hypothesen für ein exploratives Experiment zu formulieren. Erstens schärfen sie den Blick dafür, welche Informationen die experimentellen Daten tatsächlich liefern können und ob das Design so gestaltet ist, dass sich unterschiedliche

Verhaltensannahmen empirisch voneinander trennen lassen. Zweitens verhindern sie, dass Hypothesen erst im Nachhinein „am Ergebnis entlang“ formuliert werden und sichern damit eine saubere Trennung von theoretischer Erwartungsbildung und empirischer Beobachtung (ebd.). In den beiden folgenden Abschnitten werden daher unterschiedliche theoretische und empirische Perspektiven eingenommen, um ex ante begründete Hypothesen über das Investitionsverhalten und Kooperationsverhalten im Experiment abzuleiten.

3.2.4.1 Entwicklung der Hypothesen zum Investitionsverhalten

Um Thesen und Hypothesen zum Investitionsverhalten der Akteure abzuleiten, richtet sich der analytische Fokus zunächst auf das **Investitionsspiel**. Das Investitionsspiel dient primär dazu, Erkenntnisse über den Teil der Forschungsfrage zu erlangen, wie verschiedene Anreizdesigns das **Investitionsverhalten** der Marktakteure (KMU und Big Pharma) beeinflussen. Die zentrale Variable, die aus Sicht der Hypothesenprüfung von Interesse ist, ist die **Entscheidung für oder gegen eine Investition** unter dem jeweiligen Anreizdesign. Da kein explizites theoretisches Modell vorliegt, das vorhersagt, bei welchen Anreizdesigns die Akteure eine Investition bevorzugen, werden im Folgenden verschiedene Lehrbuchperspektiven sowie empirische Beobachtungen herangezogen, um sich der Formulierung konkreter Thesen und Hypothesen über das Investitionsverhalten zu nähern.

Aus empirischer Perspektive und mit besonderem Blick auf die Entwicklung der Akteursstruktur auf dem Antibiotikamarkt der vergangenen Jahrzehnte (siehe Abschnitt 2.1.1.2) lässt sich beobachten, dass die abnehmende Marktrentabilität mit einem sukzessiven Rückzug großer Pharmaunternehmen aus der Forschung und Entwicklung einherging. Diese Entwicklung legt nahe, dass Big Pharma-Akteure besonders auf große, markteintrittsorientierte Zahlungen reagieren könnten, da solche Anreize die Rentabilität des Endmarkts unmittelbar verbessern. Auf der anderen Seite zeigt der Trend der letzten Jahrzehnte, dass insbesondere durch die Etablierung früher Forschungsförderungen (siehe Abschnitt 2.2.5) eine Vielzahl von KMUs in die Antibiotikaforschung investiert hat. Dies könnte darauf hindeuten, dass KMUs Anreizdesigns bevorzugen, die früh im Wertschöpfungsprozess ansetzen und die Finanzierung der risikoreichen frühen Entwicklungsphasen unterstützen. Diese empirischen Beobachtungen sind jedoch rein deskriptiv und liefern lediglich Anhaltspunkte, die bisher nicht systematisch überprüft worden sind. Um theoretisch-fundierte Vorhersagen über das Entscheidungsverhalten der Akteure unter den verschiedenen Anreizdesigns zu formulieren, werden im Folgenden verschiedene Lehrbuchperspektiven eingenommen, um mögliche Erklärungen und Hypothesen über die Reaktion von KMU- und Big Pharma-Akteuren auf die Anreizdesigns abzuleiten.

Betrachtet man die Anreizdesigns als Lotterien mit identischer Wahrscheinlichkeitsverteilung, aber unterschiedlichen Auszahlungsprofilen, ist es naheliegend eine **entscheidungstheoretische Perspektive** einzunehmen. Die früh ansetzenden Push-Mechanismen (Forschungsförde-

rung) reduzieren primär das Verlustrisiko, indem sie F&E-Kosten senken und frühe Entwicklungsphasen de-risken. Sie führen zu Lotterien mit niedrigeren absoluten Verlusten bei moderaten Gewinnen (vgl. Tabelle 3.3). Die spät ansetzenden Pull- und markteintrittsorientierten Mechanismen (Markteintrittsprämie) erhöhen hingegen die potenziellen Erträge bei erfolgreicher Markteinführung. Sie resultieren in Lotterien mit hohen Gewinnpotenzialen bei entsprechend höheren Verlusten im Scheiterfall (vgl. Abbildung 3.10).

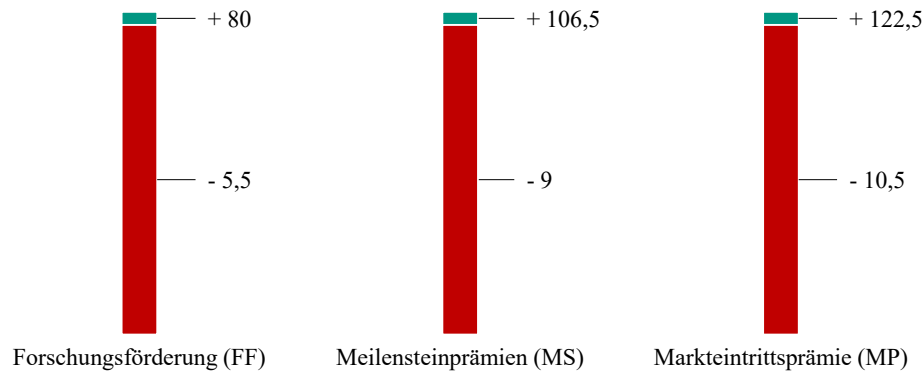


Abbildung 3.10: Vergleich der Auszahlungsprofile des FF-, MS-, und MP-Designs (KMU-Ansicht) (eigene Darstellung)

Einerseits könnte man nun die Perspektive der klassischen **Erwartungsnutzentheorie** einnehmen, formalisiert durch Von Neumann und Morgenstern (1947), nach der rationale Akteure bei Entscheidungen unter Unsicherheit den Erwartungswert ihres Nutzens maximieren. Unter dieser Theorie hängt die Präferenz eines Akteurs für ein bestimmtes Anreizdesign von der Krümmung seiner Nutzenfunktion ab. Ein risikoneutraler Akteur mit linearer Nutzenfunktion wählt stets die Lotterie mit dem höchsten Erwartungswert ($ENPV_0$) und ist indifferent gegenüber der Streuung der Auszahlungen. Risikoaverse Akteure hingegen besitzen eine konkave Nutzenfunktion und bevorzugen sichere Auszahlungen gegenüber risikoreicheren Alternativen mit gleichem Erwartungswert. Für diese Entscheider ist nicht nur der Erwartungswert, sondern auch die Varianz der Auszahlungsverteilung entscheidungsrelevant. Bei gleichem Erwartungswert präferieren risikoaverse Akteure Lotterien mit geringerer Varianz. Gemäß dieser Theorie würden die Spieler – unter der Annahme von Risikoneutralität oder -aversion – eine klare Präferenz für die Forschungsförderung aufweisen, gefolgt von der Kombination aus Forschungsförderung & Markteintrittsprämie sowie den phasenübergreifenden Designs (Ganzheitliches Förderungsmodell, Meilensteinprämien), während die Markteintrittsprämie als letzte Option bevorzugt würde.

Nun hat die experimentelle Forschung dazu beigetragen, dass mit der **Prospect Theory**, entwickelt durch Kahneman und Tversky (1979), eine empirisch fundierte Alternative zur klassischen Erwartungsnutzentheorie entstand, die systematische Abweichungen vom rationalen Entschei-

dungsverhalten erklärt, die in zahlreichen Experimenten dokumentiert wurden. Die Prospect Theory bietet einen differenzierteren Erklärungsrahmen für das Entscheidungsverhalten unter Risiko. Ein zentrales Element dabei ist die Verlustaversion: Empirisch bewerten Individuen Verluste etwa doppelt so stark wie Gewinne in gleicher betragsmäßiger Höhe ($\lambda \approx 2,25$). Die Wertfunktion der Prospect Theory verläuft im Verlustbereich steiler als im Gewinnbereich und ist zudem im Gewinnbereich konkav (abnehmende Sensitivität für Gewinne) sowie im Verlustbereich konvex (abnehmende Sensitivität für Verluste). Diese asymmetrische Bewertung hätte folgende Implikationen für die Attraktivität der Anreizdesigns: Anreize, die primär Verluste reduzieren, könnten für verlustaverse Akteure überproportional attraktiv sein. Umgekehrt könnten markteintrittsfokussierte Anreizdesigns für verlustaverse Entscheider weniger attraktiv sein, da die potenziellen hohen Verluste im Scheiterszenario die subjektive Bewertung der Lotterie überproportional belasten. Folglich würde aus der Perspektive der Prospect Theory eine identische oder zumindest sehr ähnliche Präferenzreihenfolge resultieren wie die, die für die klassische Erwartungsnutzentheorie abgeleitet wurde.

Zusammengefasst ergibt sich aus den bislang betrachteten theoretischen Perspektiven, dass ein Anreizdesign umso attraktiver für die Akteure erscheint, je früher der Schwerpunkt der Anreizzahlungen im Wertschöpfungsprozess liegt. Sowohl die klassische Erwartungsnutzentheorie als auch die Prospect Theory legen nahe, dass früh ansetzende Push-Mechanismen gegenüber markteintrittsfokussierten Pull-Mechanismen bevorzugt würden. Um diese Eigenschaft der Anreizdesigns über die qualitativen Beschreibungen hinaus als kontinuierliches Strukturmerkmal zu erfassen, wird im Folgenden das **Center of Mass (CoM)** als Maß für den zeitlichen Zahlungsschwerpunkt eines Anreizdesigns eingeführt. Der Begriff entstammt der klassischen Mechanik, wo er den gewichteten räumlichen Schwerpunkt einer Massenverteilung bezeichnet. Übertragen auf die vorliegende Anreizgestaltung beschreibt er den gewichteten zeitlichen Schwerpunkt der Anreizzahlungen entlang des Wertschöpfungsprozesses. Zur Berechnung des CoM wird für jedes Anreizdesign zunächst der relative Anteil s_i der (risikoadjustierten, diskontierten) Anreizzahlungen an den einzelnen Zeitpunkten $i \in \{0, 1, \dots, 6\}$ innerhalb des Wertschöpfungsprozesses bestimmt. Das CoM ergibt sich dann als gewichteter Mittelwert der Zahlungszeitpunkte:

$$CoM = \sum_i i \cdot s_i = \sum_i i \cdot \frac{\tilde{m}_i}{S}, \quad \text{mit } S = \sum_i \tilde{m}_i$$

wobei \tilde{m}_i die diskontierten, risikoadjustierten Zahlungen aus Sicht des Zeitpunktes der Investitionsentscheidung bezeichnet. Um die Vergleichbarkeit zwischen den Designs zu gewährleisten und einen intuitiv interpretierbaren Wertebereich zu erhalten, wird das CoM auf das Intervall $[0, 1]$ normiert.

$$CoM_{norm} = \frac{CoM}{i_{max}} = \frac{\sum_i i \cdot s_i}{6}$$

Ein CoM-Wert von 0 signalisiert, dass sämtliche Anreizzahlungen auf die früheste Wertschöpfungsstufe konzentriert sind (reiner Push-Anreiz), während ein Wert von 1 eine vollständige Konzentration auf die letzte Stufe anzeigt (reiner Pull-Anreiz). Designs mit über den Wertschöpfungsprozess verteilten Zahlungen nehmen Zwischenwerte an. Für die fünf im Experiment untersuchten Anreizdesigns wurde der CoM auf Basis der modellierten Zahlungsprofile berechnet (vgl. Tabelle A.7 im Anhang). Es ergeben sich die Werte $CoM_{norm}(FF) = 0,00$, $CoM_{norm}(FP) = 0,29$, $CoM_{norm}(GF) = 0,35$, $CoM_{norm}(MS) = 0,40$ sowie $CoM_{norm}(MP) = 1,00$, womit die Forschungsförderung den frühesten und die Markteintrittsprämie den spätesten Zahlungsschwerpunkt aufweist.

Die bisherige Betrachtung der Anreizdesigns als Lotterien stellt eine sehr abstrahierte, zugleich jedoch für die Entscheidungssituation der Probanden im Experiment naheliegende und relevante Sichtweise dar. Die Analogie vernachlässigt jedoch eine zentrale Dimension der realen Entscheidungsumgebung, nämlich die Verteilung der Anreize entlang des Wertschöpfungsprozesses der Antibiotikaentwicklung (vgl. Abbildung 3.11).

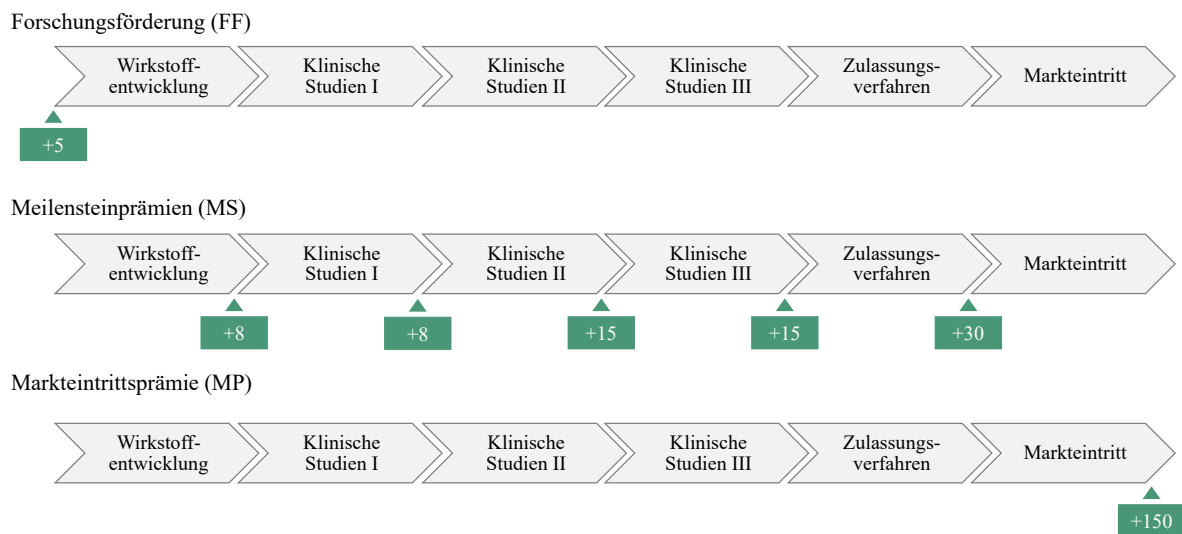


Abbildung 3.11: Vergleich der Anreizzahlungen des FF-, MS-, und MP-Designs (eigene Darstellung)

Wird diese Dimension in die Analyse einbezogen, eröffnet sich eine zusätzliche psychologische Komponente, die das Entscheidungsverhalten potenziell beeinflusst. Aus der Perspektive einzelner Akteure lassen sich die unterschiedlichen Anreizmechanismen folgendermaßen interpretieren:

- **Push-Anreize:** Die Förderung erfolgt in den frühen Phasen der F&E; nach diesem initialen Unterstützungszeitraum trägt der Akteur das weitere Risiko eigenständig. Psycholo-

gisch kann die frühe Auszahlung als eine mentale „Vorabkompensation“ wahrgenommen werden, die das gefühlte Investitionsrisiko mindert und die Eintrittsbarriere senkt.

- **Pull-Anreize:** Die Belohnung erfolgt ausschließlich ex post, das heißt nur im Falle eines erfolgreichen Projektabschlusses und Markteintritts. Das Risiko bis dahin trägt komplett der Akteur.
- **Hybridinstrumente:** Entlang des Entwicklungsprozesses werden bei jedem erreichten Meilenstein Zahlungen gewährt, wodurch eine kontinuierliche Unterstützung über die Wertschöpfungsstufen hinweg erfolgt.

Dadurch ergeben sich weitere relevante Perspektiven, die zur Formulierung des Thesen- und Hypothesengerüsts herangezogen werden können. Die zeitliche Verteilung und Konzentration von Anreizzahlungen entlang des Wertschöpfungsprozesses kann entscheidende psychologische und motivationale Effekte entfalten, die die Attraktivität eines Anreizdesigns maßgeblich beeinflussen können. Aus der Perspektive der **Temporal Motivation Theory** nach Steel und König (2006) hängt die Motivation zur Verfolgung eines Ziels nicht nur von dessen Wert (*Value*) und der Erfolgswahrscheinlichkeit (*Expectancy*) ab, sondern auch von der wahrgenommenen zeitlichen Distanz zur Belohnung. Konzentrierte Endzahlungen wie die Markteintrittsprämie wirken dabei als weit entfernte, unsichere Belohnung, während zeitlich verteilte Zahlungen den psychologischen *Delay* reduzieren und kontinuierliche Erfolgssignale senden. Dies kann die Motivation bei solch langfristigen und risikoreichen Projekten erhöhen. Darüber hinaus kann eine Verteilung von Belohnungen den Effekt der **Goal-Gradient Hypothese** aktivieren, wonach jede erreichte Zwischenbelohnung als neues Nahziel fungiert, das die Motivation zur Fortsetzung verstärkt, während eine einzige markteintrittsbezogene Endzahlung nur ein weit entferntes Ziel darstellt (vgl. Hull, 1932; Kivetz et al., 2006).

Aus **versicherungsökonomischer Perspektive** wirken phasenübergreifende Zahlungsstrukturen zudem als implizite Risikoversicherung. Ein Akteur, der in einer späteren Entwicklungsphase scheitert, hat bereits durch frühere Auszahlungen eine teilweise Kompensation erhalten, anstatt den gesamten Ressourceneinsatz zu verlieren. Dadurch verringert sich das wahrgenommene Downside-Risiko.

Unter Berücksichtigung der soeben dargestellten Perspektiven lässt sich folgern, dass Anreizdesigns mit über den Wertschöpfungsprozess verteilten Zahlungen tendenziell höhere Investitionsraten induzieren könnten als solche mit stark konzentrierter Auszahlungsstruktur. Vor diesem Hintergrund könnten Designs wie die Meilensteinprämien oder das ganzheitliche Förderungsmodell aufgrund ihrer zeitlichen Verteilung und Kontinuität als besonders attraktiv wahrgenommen werden.

Ergänzend zu diesen Perspektiven bietet es sich an, die *Verteiltheit* der Anreize entlang des Wertschöpfungsprozesses als weiteres kontinuierliches Strukturmerkmal zu erfassen. Ein ge-

eignetes Maß zur Quantifizierung der Verteiltheit ist der **Herfindahl-Hirschman-Index (HHI)**, der in der Industrieökonomik üblicherweise als Maß für die Marktkonzentration einer Branche verwendet wird und als Standardindikator für Konzentration bzw. Diversifikation über Kategorien hinweg gilt. Analog zum CoM wird für jedes Anreizdesign zunächst der relative Anteil s_i der (risikoadjustierten, diskontierten) Anreizzahlungen an den einzelnen Zeitpunkten innerhalb des Wertschöpfungsprozesses bestimmt. Der HHI ergibt sich dann als:

$$HHI = \sum_i s_i^2 = \sum_i \left(\frac{\tilde{m}_i}{S} \right)^2, \quad \text{mit } S = \sum_i \tilde{m}_i$$

Der HHI nimmt Werte im Intervall $(0, 1]$ an, wobei ein Wert von 1 maximale Konzentration signalisiert, das heißt sämtliche Anreizzahlungen fallen auf eine einzige Wertschöpfungsstufe. Ein niedriger HHI hingegen weist auf eine über mehrere Stufen verteilte Anreizstruktur hin. Für die fünf im Experiment untersuchten Anreizdesigns wurden CoM und HHI gemeinsam auf Basis der modellierten Zahlungsprofile berechnet (vgl. Tabelle A.7 im Anhang). Es ergeben sich die Werte $HHI(\text{FF}) = 1,00$, $HHI(\text{MP}) = 1,00$, $HHI(\text{FP}) = 0,59$, $HHI(\text{GF}) = 0,28$ sowie $HHI(\text{MS}) = 0,26$, womit die hybriden Designs Meilensteinprämien (MS) und Ganzheitliches Förderungsmodell (GF) die am stärksten verteilten Anreizstrukturen aufweisen, während Forschungsförderung (FF) und Markteintrittsprämie (MP) jeweils maximal konzentriert sind.

Die aufgeführten Theorien zum Zahlungsschwerpunkt bzw. zur Verteilung der Anreize sind dabei nicht als konkurrierende, sich gegenseitig ausschließende Ansätze zu verstehen, sondern als komplementäre Erklärungsebenen, die jeweils unterschiedliche psychologische und ökonomische Mechanismen des beobachtbaren Entscheidungsverhaltens hervorheben. Vor diesem Hintergrund lässt sich einerseits erwarten, dass aus entscheidungstheoretischer Sicht insbesondere die Forschungsförderung als starker Push-Anreiz attraktiv ist, während andererseits aus psychologischer Perspektive phasenübergreifende Anreizdesigns mit verteilten Zahlungen gegenüber stark markteintrittsorientierten Designs im Vorteil sein könnten. Aus diesen Überlegungen ergeben sich die beiden folgenden Thesen und die ihnen zugrunde liegenden Hypothesen zum Investitionsverhalten. Im folgenden Abschnitt zum Kooperationsverhalten wird deutlich, dass die formulierten Thesen und Hypothesen zum Investitionsverhalten inhaltlich äquivalent auf das Kooperationsspiel übertragen werden können. Somit besitzen sie Gültigkeit für das gesamte Experiment und sind folglich in beiden Spielen zu überprüfen.

Basierend auf der entscheidungstheoretischen Perspektive ergibt sich folgende erste These über das Investitionsverhalten:

These I: Push-Anreize führen zu mehr Investition. Anreizdesigns mit einer hohen Konzentration von Anreizzahlungen in frühen Entwicklungsphasen führen zu höheren Investitionsraten als stark markteintrittsorientierte Anreizdesigns.

Diese These sowie die im Folgenden formulierten Hypothesen gelten gleichermaßen für beide Akteursgruppen, ohne explizite Unterscheidung zwischen KMU und Big Pharma. Hintergrund ist, dass sich die absoluten Auszahlungen durch die verschiedenen Anreizdesigns für beide Akteure in identischer Weise verändern und damit die relative Wirkungsweise der Anreizmechanismen vergleichbar ist. Zur Überprüfung der **These I** werden die folgenden Hypothesen formuliert, wobei Hypothesen I.1 und I.2 auf paarweisen Treatmentvergleichen basieren und Hypothese I.3 den Effekt des Zahlungsschwerpunkts als kontinuierliches Strukturmerkmal testet:

Hypothese I.1: Die *Forschungsförderung* führt zu mehr begonnenen Wirkstoffentwicklungen als die *Markteintrittsprämie*.

Hypothese I.2: Die *Forschungsförderung* führt zu zu mehr begonnenen Wirkstoffentwicklungen als die *Forschungsförderung & Markteintrittsprämie*.

Hypothese I.3: Der frühere Zahlungsschwerpunkt eines Anreizdesigns, gemessen durch einen geringeren *CoM-Wert*, geht mit einer höheren Rate begonnener Wirkstoffentwicklungen einher.

Basierend auf den theoretischen Überlegungen über den Effekt von einer Verteilung der Anreize über den Wertschöpfungsprozess ergibt sich die zweite These zum Investitionsverhalten:

These II: Verteilte Anreize führen zu mehr Investition. Anreizdesigns mit phasenübergreifender Verteilung der Auszahlungen führen zu höheren Investitionsraten als stark markteintrittsorientierte Anreizdesigns.

Zur Überprüfung der **These II** werden die folgenden Hypothesen formuliert, wobei die Hypothesen II.1 bis II.4 auf paarweisen Treatmentvergleichen basieren und Hypothese II.5 den Effekt der Verteilung der Auszahlungen als kontinuierliches Strukturmerkmal testet:

Hypothese II.1: Das *Ganzheitliche Förderungsmodell* führt zu mehr begonnenen Wirkstoffentwicklungen als die *Markteintrittsprämie*.

Hypothese II.2: Das *Ganzheitliche Förderungsmodell* führt zu mehr begonnenen Wirkstoffentwicklungen als die *Forschungsförderung & Markteintrittsprämie*.

Hypothese II.3: Die *Meilensteinprämien* führen zu mehr begonnenen Wirkstoffentwicklungen als die *Markteintrittsprämie*.

Hypothese II.4: Die *Meilensteinprämien* führen zu mehr begonnenen Wirkstoffentwicklungen als die *Forschungsförderung & Markteintrittsprämie*.

Hypothese II.5: Stärker über den Wertschöpfungsprozess verteilte Anreizzahlungen, gemessen durch einen geringeren *HHI-Wert*, gehen mit einer höheren Rate begonnener Wirkstoffentwicklungen einher.

Damit ist die zentrale Thesen- und Hypothesenstruktur zum Investitionsverhalten etabliert, entlang derer im nächsten Teil 4 dieser Arbeit die statistische Auswertung erfolgen kann. Die formulierten Thesen und Hypothesen dienen dabei als analytischer Rahmen, um die beobachteten Investitionsentscheidungen den zugrunde liegenden theoretischen Erwartungsmustern gegenüberzustellen und die Wirkung der unterschiedlichen Anreizdesigns quantitativ zu überprüfen.

3.2.4.2 Entwicklung der Hypothesen zum Kooperationsverhalten

Bevor die Thesen- und Hypothesenstruktur für das Kooperationsverhalten entwickelt wird, sind zunächst die wesentlichen Variablen zu definieren, deren Betrachtung und Analyse im Vordergrund des Kooperationsspiels stehen. Hierzu wird die Perspektive der Regulatorik eingenommen, um zu klären, welche Facetten des Kooperationsspiels besonders relevant sind. Den Ausgangspunkt hierfür bilden die Zielsetzungen der Regulierung sowie die daraus abgeleitete Forschungsfrage und die eingeführten Zielkriterien (vgl. Abschnitt 2.3.3). Einerseits ist von Interesse, wie die verschiedenen Anreizdesigns das **Investitionsverhalten** der Marktakteure beeinflussen, also welche Anreizmechanismen die Zahl neu initiiertes Antibiotikaprojekte maximieren. Diese Frage wird bereits im Investitionsspiel adressiert und lässt sich im Kooperationsspiel unter der realistischeren Umgebung weiter vertiefen. Andererseits ist von Bedeutung, wie die Anreizdesigns das **Kooperationsverhalten** beeinflussen, also welche Mechanismen eine effiziente Allokation entlang des Antibiotika-Wertschöpfungsprozesses fördern und die Zahl an Kooperationen maximieren. Diese beiden Dimensionen lassen sich im Kooperationsspiel anhand der folgenden beiden zentralen Variablen analysieren:

Die erste Variable von Interesse ist die **Anzahl der begonnenen Wirkstoffentwicklungen**, also wie häufig sich ein KMU für eine Investition oder ein Big Pharma-Akteur für die Make-Strategie entscheidet. Diese Größe bildet aus einer realitätsnahen Perspektive die **Effektivität** eines Anreizdesigns im Hinblick darauf ab, in welchem Ausmaß es neue Antibiotika F&E-Projekte induziert.

Die zweite zentrale Variable ist die Häufigkeit aufgetretener Kooperationen, also die **Anzahl erfolgreicher Patenttransfers** während des Spiels. Aus einer realitätsnahen Perspektive spiegelt diese Variable gewissermaßen den Grad der erreichten wohlfahrtsökonomischen **Effizienz** eines Anreizdesigns wider, da sie ausdrückt, wie wahrscheinlich es ist, dass ein begonnenes Wirkstoffprojekt durch eine effiziente Nutzung der komparativen Vorteile von KMU und Big Pharma die Marktreife erreicht.

Unter Fokussierung auf diese beiden Zielvariablen lassen sich im Folgenden die entsprechenden Thesen und Hypothesen formulieren. Dabei werden – analog zum Vorgehen im Investi-

onsspiel – unterschiedliche theoretische Perspektiven herangezogen, ohne diese an dieser Stelle erneut im Detail auszuführen. Aufgrund des komplexeren Spielbaums, der sequenziellen Entscheidungssituation und der größeren Anzahl möglicher Spieldausgänge, die nicht mehr ausschließlich stochastisch sind, sondern auch von den Entscheidungen und Handlungen der anderen beteiligten Akteure abhängen, gestaltet sich die Formulierung von Thesen und Hypothesen über das Kooperationsverhalten der Akteure deutlich anspruchsvoller. Es kommen nun zusätzliche strategische Faktoren ins Spiel, die erfordern, sich darüber Gedanken zu machen, wie die jeweils andere Spielerpartei wahrscheinlich handeln wird. Dies macht eine triviale, allein auf Erwartungswerten oder Auszahlungen basierende Entscheidungstheorie unzureichend.

Um dies an einem Beispiel zu illustrieren, sei auf die Investitionsentscheidung des KMUs verwiesen. Sofern das KMU primär eine Exit-Strategie verfolgt, muss es vor der Investitionsentscheidung nicht nur die Attraktivität des Anreizdesigns aus eigener Perspektive beurteilen, sondern auch abwägen, ob hinreichend viele Big Pharma-Akteure mit entsprechendem Kaufinteresse auf dem Markt zu erwarten sind – andernfalls wäre das KMU gezwungen, einen eigenen, risikoreichen Markteintritt zu forcieren. Aus Big Pharma-Sicht gelten analoge strategische Überlegungen: Bei der Entscheidung zwischen Make- und Buy-Strategie muss nicht nur bewertet werden, welche Option unter dem gegebenen Anreizdesign die attraktivere Wahl darstellt, sondern auch, ob das Design für KMU-Akteure hinreichend attraktiv ist, damit bei Verfolgung einer Buy-Strategie überhaupt potenzielle Akquisitionsziele zur Verfügung stehen.

In Bezug auf das **Investitionsverhalten** im Kooperationsspiel bzw. die Entscheidung über den Beginn einer Wirkstoffentwicklung ergeben sich keine überzeugenden Gründe, weshalb sich die Wirkung der Anreizdesigns systematisch von den zuvor entwickelten Thesen unterscheiden sollte. Auch unter der veränderten Spielstruktur ist davon auszugehen, dass es für KMUs weiterhin attraktiv bleibt, bei einem hohen Push-Anreiz, der die initiale Entwicklungsstufe de-riskt, zu investieren. Ebenso ist zu erwarten, dass phasenübergreifende Anreizdesigns, die Auszahlungen während der ersten drei Wertschöpfungsstufen vorsehen, gegenüber markteintrittsorientierten Designs bevorzugt werden. Aus der Perspektive von Big Pharma sprechen dieselben Argumente wie im Investitionsspiel dafür, dass diese Anreizdesigns ebenfalls eine höhere Attraktivität für eine Make-Strategie aufweisen. Da Big Pharma im Kooperationsspiel für eine Make-Strategie die identischen Auszahlungsstrukturen wie im Investitionsspiel vorfindet, gelten die theoretischen Erwartungen analog. Auf Basis dieser Überlegungen werden die Thesen und Hypothesen zum Investitionsverhalten in neue Wirkstoffentwicklungen für beide Spiele formuliert und anschließend jeweils separat statistisch überprüft.

Interessanter als die reine Investitionsentscheidung ist im Kooperationsspiel die Frage nach dem **Kooperationsverhalten** der Akteure und damit einhergehend, unter welchen Bedingungen es aus Sicht von Big Pharma attraktiv erscheint, eine Buy-Strategie zu verfolgen. Eine Buy-Strategie impliziert für einen Big Pharma-Akteur, dass er ein Wirkstoffpatent von einem

KMU erwirbt und anschließend die letzten drei Wertschöpfungsstufen bis zum Markteintritt übernimmt. Vor diesem Hintergrund erscheint es naheliegend, dass Big Pharma-Akteure insbesondere dann ein besonderes Interesse an einer Buy-Strategie entwickeln, wenn sie gerade in diesen späten Wertschöpfungsphasen durch das jeweilige Anreizdesign unterstützt werden. Mit Ausnahme reiner Push-Modelle – insbesondere der Forschungsförderung, die vor allem für eine Make-Strategie attraktiv ist – trifft dies auf alle übrigen Anreizdesigns zu. Im Kooperationsfall sind dabei auch markteintrittsorientierte Anreizdesigns aus Erwartungswertperspektive attraktiv, da sie sehr hohe Auszahlungen im Erfolgsfall versprechen und der Erfolgseintritt zu diesem späten Zeitpunkt im Wertschöpfungsprozess bereits eine deutlich höhere Wahrscheinlichkeit (67,5 %) aufweist als zu Beginn der Entwicklung (4,2 %). Vor diesem Hintergrund liegt die Annahme nahe, dass Big Pharma-Akteure vor allem unter phasenübergreifenden Anreizdesigns und insbesondere bei markteintrittsorientierten Instrumenten ein erhöhtes Interesse an der Verfolgung einer Buy-Strategie haben.

Für das Zustandekommen einer Kooperation ist jedoch nicht nur die Kaufbereitschaft von Big Pharma relevant, sondern ebenso die Existenz von KMUs, die einen Wirkstoff bis zum Abschluss der klinischen Studien Phase II entwickelt haben und bereit sind, ihr Patent zu verkaufen. Aus den zuvor diskutierten Gründen ist davon auszugehen, dass KMU-Akteure insbesondere dann investieren, wenn sie entweder in der initialen Phase stark unterstützt werden (Forschungsförderung) oder wenn sie im Verlauf der ersten drei Wertschöpfungsstufen sukzessive belohnt werden (Ganzheitliches Förderungsmodell, Meilensteinprämien). Dadurch ergibt sich eine Schnittmenge potenzieller Kooperationsfälle, in denen aus Sicht beider Akteursgruppen – investierende KMUs und kaufinteressierte Big Pharma-Akteure – mit einer hohen Anzahl an passenden Strategiekombinationen zu rechnen ist. Diese Schnittmenge wird maßgeblich durch die Anreizdesigns mit phasenübergreifenden Zahlungen erzeugt. Zudem ist nicht davon auszugehen, dass sich die Wahrscheinlichkeit eines Verhandlungserfolgs signifikant zwischen den Anreizdesigns unterscheidet, da der Verhandlungsspielraum zu diesem Zeitpunkt stets identisch ist (vgl. Tabelle A.4). Aus diesen Überlegungen wird folgende These zum Kooperationsverhalten formuliert:

These III: Verteilte Anreize führen zu mehr Kooperation Anreizdesigns mit phasenübergreifender Verteilung der Auszahlungen führen zu höheren Kooperationsraten als reine Push- oder stark markteintrittsorientierte Anreizdesigns.

Zur Überprüfung der **These III** werden die folgenden Hypothesen formuliert, wobei Hypothesen III.1 bis III.6 auf paarweisen Treatmentvergleichen basieren und Hypothese III.7 den Effekt der Anreizverteilung als kontinuierliches Strukturmerkmal testet:

Hypothese III.1: Das *Ganzheitliche Förderungsmodell* führt zu mehr Patenttransfers als die *Forschungsförderung*.

Hypothese III.2: Das *Ganzheitliche Förderungsmodell* führt zu mehr Patenttransfers als die *Forschungsförderung & Markteintrittsprämie*.

Hypothese III.3: Das *Ganzheitliche Förderungsmodell* führt zu mehr Patenttransfers als die *Markteintrittsprämie*.

Hypothese III.4: Die *Meilensteinprämien* führen zu mehr Patenttransfers als die *Forschungsförderung*.

Hypothese III.5: Die *Meilensteinprämien* führen zu mehr Patenttransfers als die *Forschungsförderung & Markteintrittsprämie*.

Hypothese III.6: Die *Meilensteinprämien* führen zu mehr Patenttransfers als die *Markteintrittsprämie*.

Hypothese III.7: Stärker über den Wertschöpfungsprozess verteilte Anreizzahlungen, gemessen durch einen geringeren *HHI-Wert*, gehen mit einer höheren Rate an Patenttransfers einher.

Zusammenfassend liefern die entwickelten Thesen und Hypothesen zum Investitions- und Kooperationsverhalten eine klare inhaltliche Orientierung sowie ein strukturiertes analytisches Gerüst für die Auswertung des Experiments. Demnach wird erwartet, dass Investitionen in den Markt – gemessen an neu begonnenen Wirkstoffentwicklungen – sowohl durch starke Push-Anreize als auch durch phasenübergreifende Anreizdesigns induziert werden. Hinsichtlich der Kooperation wird davon ausgegangen, dass phasenübergreifende Anreizdesigns diese am besten hervorrufen können. Tabelle 3.8 stellt diese gesammelten Thesen und die darunterliegenden Hypothesen nochmals übersichtlich dar.

An dieser Stelle sei nochmals hervorgehoben, dass die Hypothesen nicht im klassischen Sinne aus etablierten theoretischen Modellen oder der bestehenden Literatur abgeleitet wurden, da für die spezifische Fragestellung entsprechende Modelle bislang nicht existieren. Die vorliegende Untersuchung ist explorativ ausgerichtet und zielt primär darauf ab, ein vertieftes Verständnis über den Zusammenhang zwischen der Ausgestaltung der Anreizdesigns und dem Investitions- sowie Kooperationsverhalten zu gewinnen. Die formulierten Hypothesen sind daher weniger als strikt zu verifizierende oder falsifizierende Aussagen zu verstehen, sondern vielmehr als konzeptionelles Rahmenwerk, das der systematischen Strukturierung und Orientierung der folgenden empirischen Auswertung dient.

Tabelle 3.8: Übersicht der Thesen und Hypothesen (eigene Darstellung)

These I: Push-Anreize führen zu mehr Investition.

Hypothese I.1: Die *Forschungsförderung* führt zu mehr begonnenen Wirkstoffentwicklungen als die *Markteintrittsprämie*.

Hypothese I.2: Die *Forschungsförderung* führt zu mehr begonnenen Wirkstoffentwicklungen als die *Forschungsförderung & Markteintrittsprämie*.

Hypothese I.3: Der frühere Zahlungsschwerpunkt eines Anreizdesigns, gemessen durch einen geringeren *CoM-Wert*, geht mit einer höheren Rate begonnener Wirkstoffentwicklungen einher.

These II: Verteilte Anreize führen zu mehr Investition.

Hypothese II.1: Das *Ganzheitliche Förderungsmodell* führt zu mehr begonnenen Wirkstoffentwicklungen als die *Markteintrittsprämie*.

Hypothese II.2: Das *Ganzheitliche Förderungsmodell* führt zu mehr begonnenen Wirkstoffentwicklungen als die *Forschungsförderung & Markteintrittsprämie*.

Hypothese II.3: Die *Meilensteinprämien* führen zu mehr begonnenen Wirkstoffentwicklungen als die *Markteintrittsprämie*.

Hypothese II.4: Die *Meilensteinprämien* führen zu mehr begonnenen Wirkstoffentwicklungen als die *Forschungsförderung & Markteintrittsprämie*.

Hypothese II.5: Stärker über den Wertschöpfungsprozess verteilte Anreizzahlungen, gemessen durch einen geringeren *HHI-Wert*, gehen mit einer höheren Rate begonnener Wirkstoffentwicklungen einher.

These III: Verteilte Anreize führen zu mehr Kooperation.

Hypothese III.1: Das *Ganzheitliche Förderungsmodell* führt zu mehr Patenttransfers als die *Forschungsförderung*.

Hypothese III.2: Das *Ganzheitliche Förderungsmodell* führt zu mehr Patenttransfers als die *Forschungsförderung & Markteintrittsprämie*.

Hypothese III.3: Das *Ganzheitliche Förderungsmodell* führt zu mehr Patenttransfers als die *Markteintrittsprämie*.

Hypothese III.4: Die *Meilensteinprämien* führen zu mehr Patenttransfers als die *Forschungsförderung*.

Hypothese III.5: Die *Meilensteinprämien* führen zu mehr Patenttransfers als die *Forschungsförderung & Markteintrittsprämie*.

Hypothese III.6: Die *Meilensteinprämien* führen zu mehr Patenttransfers als die *Markteintrittsprämie*.

Hypothese III.7: Stärker über den Wertschöpfungsprozess verteilte Anreizzahlungen, gemessen durch einen geringeren *HHI-Wert*, gehen mit einer höheren Rate an Patenttransfers einher.

4 Auswertung und Diskussion der Ergebnisse

Dieser Teil der Arbeit widmet sich der detaillierten Auswertung der experimentellen Ergebnisse sowie deren Interpretation und Einordnung in den wissenschaftlichen Diskurs. Kapitel 4.1 liefert zunächst eine deskriptive Analyse der Experimentalergebnisse, um grundlegende Muster und Zusammenhänge sichtbar zu machen. Diese Befunde werden im anschließenden Kapitel 4.2 einer ausführlichen statistischen Hypothesenprüfung unterzogen. Kapitel 4.3 führt die Erkenntnisse der deskriptiven und inferenzstatistischen Analysen zusammen, vergleicht sie mit den zuvor entwickelten Thesen und Hypothesen und arbeitet die zentralen Schlussfolgerungen heraus. In Kapitel 4.4 werden die gewonnenen Ergebnisse kritisch im Kontext der bestehenden Literatur diskutiert und deren Beitrag zur Schließung der identifizierten Forschungslücke bewertet. Abschließend leitet Kapitel 4.5 konkrete politische Handlungsempfehlungen ab, die sich sowohl aus den experimentellen Erkenntnissen als auch aus den in diesem Kapitel vorgestellten Experteninterviews mit relevanten Stakeholdern und Entscheidungsträgern speisen.

4.1 Deskriptive Analyse

Dieses Kapitel widmet sich der deskriptiven Analyse der experimentellen Ergebnisse und zielt darauf ab, grundlegende Muster und Zusammenhänge in den erhobenen Daten sichtbar zu machen. Um einen strukturierten Überblick zu ermöglichen, werden die Ergebnisse zunächst getrennt nach Investitionsspiel (vgl. Abschnitt 4.1.1) und Kooperationsspiel (vgl. Abschnitt 4.1.2) dargestellt, da sich die Entscheidungsmuster der Teilnehmenden auf diese Weise klarer erfassen und interpretieren lassen. Diese spielbezogene Auswertung dient als Grundlage für die nachfolgende statistische Hypothesenprüfung in Kapitel 4.2, in der die Analyse entsprechend der aufgestellten Thesen entlang der beiden übergeordneten Dimensionen Investition und Kooperation erfolgt und somit teilweise spielübergreifend angelegt ist.

4.1.1 Deskriptive Analyse der Ergebnisse des Investitionsspiels

Im ersten Schritt der deskriptiven Analyse wird das Investitionsspiel betrachtet, in dem beiden Spielergruppen simultan die fünf Anreizdesigns präsentiert wurden. Unter jedem Anreizdesign mussten die Probanden entscheiden, ob sie unter den gegebenen Rahmenbedingungen in den Markt eintreten und eine Wirkstoffentwicklung beginnen oder auf eine Investition verzichten. Die resultierenden Investitionsraten in Abhängigkeit vom jeweiligen Anreizdesign sind dem Diagramm in Abbildung 4.1 zu entnehmen.

Zunächst ist auffallend, dass sich beide Akteursgruppen trotz unterschiedlicher Auszahlungsprofile in Erfolgs- bzw. Scheiterszenarien in ihrem Investitionsverhalten sehr ähnlich verhalten.

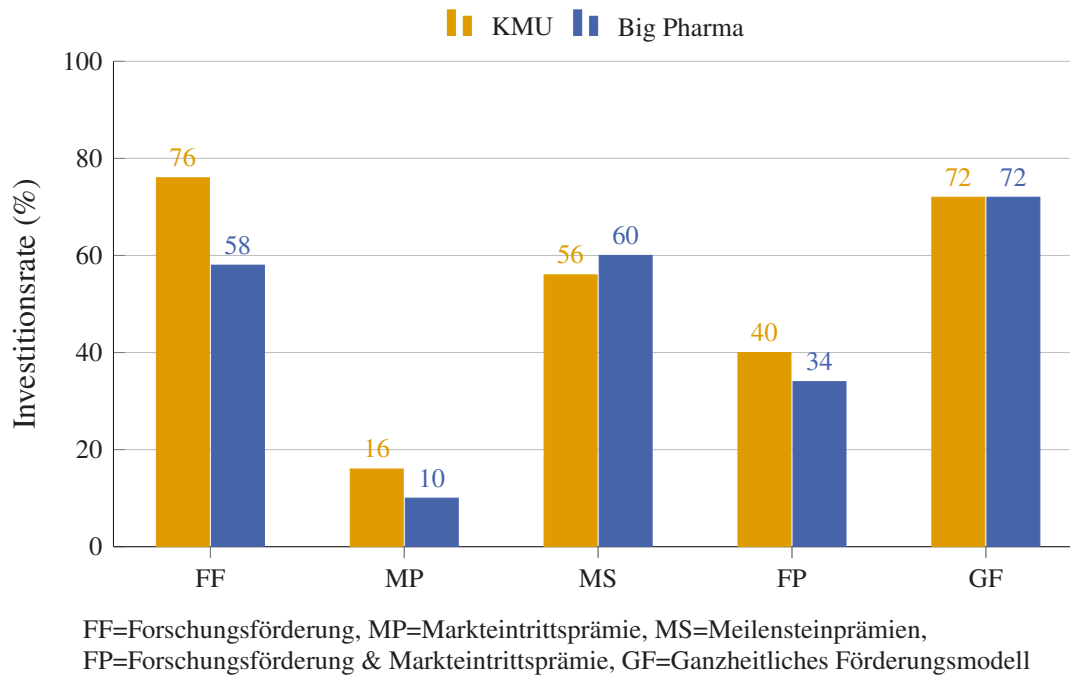


Abbildung 4.1: Investitionsraten im Investitionsspiel (eigene Darstellung)

Die höchsten Gesamtinvestitionen – gemessen daran, wie häufig unter einem Anreizdesign eine Wirkstoffentwicklung begonnen wurde, unabhängig von der Akteursgruppe – entfallen auf das Ganzheitliche Förderungsmodell (GF) und die Forschungsförderung (FF), gefolgt von den Meilensteinprämien (MS). Mit deutlichem Abstand dahinter liegt das kombinierte Anreizdesign aus Forschungsförderung und Markteintrittsprämie (FP), während die Markteintrittsprämie (MP) mit den geringsten Investitionsraten deutlich abgeschlagen ist. Auf den ersten Blick stützen diese Ergebnisse die zugrunde gelegten Thesen, wonach sowohl die Forschungsförderung als starker Push-Anreiz als auch hybride Anreizdesigns mit über den Wertschöpfungsprozess verteilten Zahlungen höhere Investitionsraten induzieren als stärker konzentrierte Anreizmechanismen mit Schwerpunkt auf einer Belohnung nach Markteintritt.

Zudem sind im Interakteurvergleich zwei Aspekte hervorzuheben: Erstens haben KMU-Spieler insgesamt häufiger investiert als Big Pharma-Akteure (52,0 % vs. 46,8 % durchschnittliche Investitionsrate). Eine Erklärung könnte im geringeren Verlustprofil von KMUs liegen, das aus einer effizienteren frühen Entwicklung und den damit verbundenen niedrigeren erwarteten Verlusten resultiert. Vor diesem Hintergrund erscheint es naheliegend, dass sich in den Entscheidungen der Spieler das Phänomen der Verlustaversion niederschlägt, wonach geringere potenzielle Verluste die wahrgenommene Fallhöhe reduzieren, sodass die Schwelle zur Aufnahme risikobehafteter Entwicklungsprojekte bei KMUs im Vergleich zu Big Pharma-Akteuren niedriger liegt. Zweitens reagierten KMUs deutlich stärker mit Investitionen auf die Forschungsförderung als Big Pharma-Akteure (76 % vs. 58 % Investitionsrate), wodurch die Forschungsförderung für

KMU-Spieler das attraktivste Anreizdesign darstellt. Beide Beobachtungen spiegeln aktuelle empirische Marktstrukturen wider: Im realen Antibiotikamarkt sind es vor allem KMUs, die in die Antibiotikaentwicklung investieren und im Vergleich zu Big Pharma besonders sensitiv auf die von Regulatoren gesetzten Push-Anreize reagieren. Diese Beobachtungen sind ein erstes Indiz dafür, dass das gewählte Experimentaldesign eine gewisse externe Validität aufweist und zentrale Charakteristika der Entscheidungssituation im realen Antibiotikamarkt im Labor reproduziert werden konnten. Vor diesem Hintergrund ist im nächsten Schritt zu untersuchen, inwiefern sich diese Muster im strategisch anspruchsvolleren Kooperationsspiel wiederfinden und wie sich die unterschiedlichen Anreizdesigns auf das Kooperationsverhalten der Akteure auswirken.

4.1.2 Deskriptive Analyse der Ergebnisse des Kooperationsspiels

Im Kooperationsspiel blieben die initialen Entscheidungsmöglichkeiten für KMUs unverändert. Sie mussten unter jedem Anreizdesign entscheiden, ob sie in den Markt eintreten und eine Wirkstoffentwicklung beginnen oder auf eine Investition verzichten. Für Big Pharma-Akteure wurde hingegen eine zusätzliche Option eingeführt. Neben der Investition in Form einer Eigenentwicklung (Make-Strategie) bestand die Möglichkeit, eine Buy-Strategie zu verfolgen, also zunächst abzuwarten, wie viele KMUs in den Markt investieren, um anschließend potenziell in Verhandlungen über den Transfer eines Wirkstoffpatents einzutreten. Die resultierenden Entscheidungen der jeweiligen Akteursgruppen in Abhängigkeit vom Anreizdesign sind dem Diagramm in Abbildung 4.2 zu entnehmen.

Blickt man auf die Investitionsraten der KMU-Akteure, zeigt sich ein ähnliches Präferenzmuster wie im Investitionsspiel ohne Kooperationsmöglichkeit, jedoch auf einem insgesamt deutlich höheren Niveau. Die Forschungsförderung (FF), das Ganzheitliche Förderungsmodell (GF) und die Meilensteinprämien (MS) erweisen sich als die attraktivsten Anreizdesigns mit Investitionsraten zwischen 88 % und 90 %, wobei MS im Vergleich zum Investitionsspiel relativ an Attraktivität hinzugewonnen hat. Demgegenüber bleiben die Kombination aus Forschungsförderung und Markteintrittsprämie (FP) (74 %) sowie die reine Markteintrittsprämie (MP) (68 %) aus Sicht der KMUs die weniger attraktiven Designs. Dies deutet darauf hin, dass KMUs insbesondere dann zur Investition bereit sind, wenn sie bereits auf den frühen Entwicklungsstufen gezielt unterstützt werden, unabhängig davon, ob sie einen eigenen Markteintritt anstreben oder primär auf den Verkauf ihres Wirkstoffpatents an Big Pharma abzielen.

Für die Big Pharma-Akteure zeigt sich ein differenziertes Bild, demzufolge die Anreizdesigns unterschiedliche Wirkungen auf die Strategiewahl haben. Zum einen wurden eigenständige Wirkstoffentwicklungen durch die Wahl einer Make-Strategie im Vergleich zum Investitionsspiel ohne Kooperationsmöglichkeit deutlich seltener gewählt. Die höchsten Anteile entfallen hierbei auf die Forschungsförderung (FF) mit 28 % und das Ganzheitliche Förderungsmodell

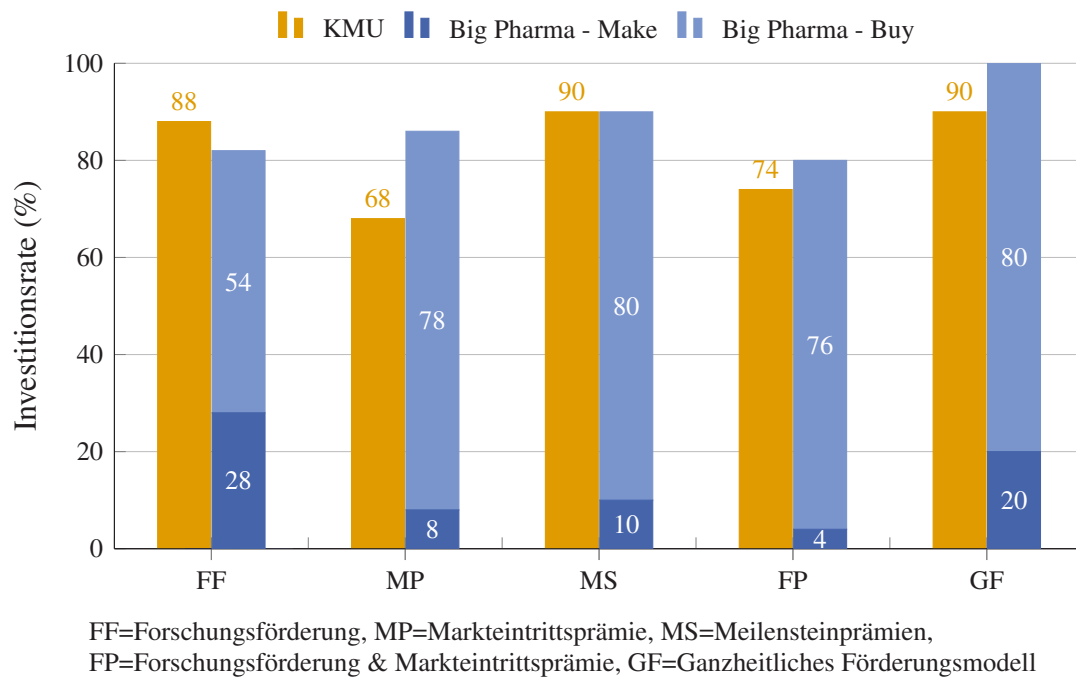


Abbildung 4.2: Investitionsraten im Kooperationsspiel (eigene Darstellung)

(GF) mit 20 %. Zum anderen wird die Buy-Strategie von Big Pharma sehr häufig gewählt und erreicht unter den Anreizdesigns FP, MP, MS und GF Investitionsraten zwischen 76 % und 80 %, während sie im FF-Design mit 54 % deutlich niedriger ausfällt, was sowohl auf den höheren Anteil an Make-Entscheidungen als auch auf die geringere Attraktivität der Buy-Strategie unter diesem Anreizdesign hinweist. Dies steht im Einklang mit den zuvor formulierten Überlegungen zur Entwicklung der Thesen über das Experiment, wonach Anreizmechanismen aus Big Pharma-Perspektive insbesondere dann vorteilhaft für eine Buy-Strategie sind, wenn sie schwerpunktmäßig auf den letzten Wertschöpfungsstufen ansetzen, auf denen Big Pharma das Medikament bis zur Markteinführung bringt.

Die Kombination aus hohen KMU-Investitionsraten und gleichzeitig hohen Buy-Raten von Big Pharma bei den hybriden Anreizdesigns MS und GF (jeweils 90 % vs. 80 %) legt nahe, dass diese Anreizdesigns arbeitsteilige Marktstrukturen und damit hohe Kooperationsraten begünstigen könnten, in denen KMUs als vorgelagerte Innovatoren und Big Pharma als spätere Markteinführer auftreten. Beim konzentrierten MP-Anreizdesign zeigt sich demgegenüber ein Ungleichgewicht aus weniger investierenden KMU-Akteuren und vielen kaufinteressierten Big Pharma-Spielern, während beim FF-Design spiegelbildlich deutlich weniger Big Pharma-Akteure eine Buy-Strategie wählen als KMUs investieren.

Diese Aspekte sind noch deutlicher in dem Diagramm in Abbildung 4.3 zu erkennen, in dem die im Kooperationsspiel beobachteten Häufigkeiten potenziell fertig entwickelter und marktreifer Antibiotika dargestellt sind. Abgebildet sind potenzielle Marktzugänge und nicht die tatsächlich

realisierten Markteintritte der Spieler im Experiment, da letztere aufgrund des Scheiterrisikos stochastisch zufallsabhängig sind. Die potenziellen Marktzugänge gliedern sich in Big Pharma-Unternehmen, die eine eigenständige Wirkstoffentwicklung beginnen (Make-Strategie), KMUs, die auch die letzten drei Wertschöpfungsphasen selbst bestreiten und einen eigenen Markteintritt forcieren, sowie jene Fälle, in denen ein KMU-Spieler mit einem Big Pharma-Spieler eine Übereinkunft über den Transfer eines Wirkstoffpatents erzielt, sodass die finalen drei Wertschöpfungsstufen von Big Pharma übernommen werden.

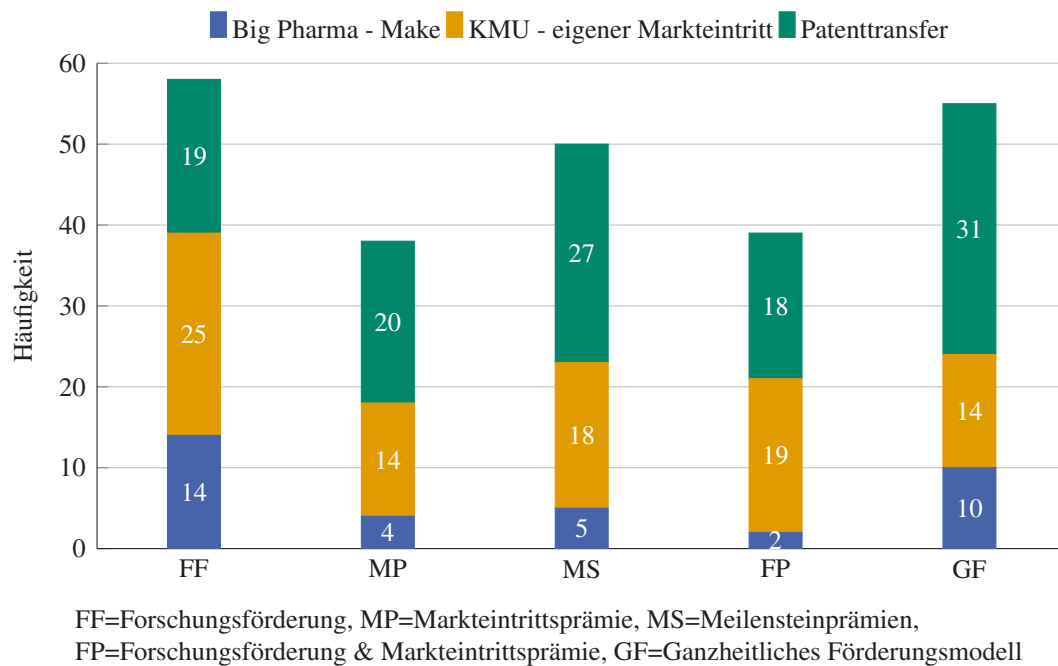


Abbildung 4.3: Verteilung der potenziellen Marktzugänge im Kooperationsspiel (eigene Darstellung)

Den Daten ist einerseits zu entnehmen, dass die Forschungsförderung (FF) mit 58 Fällen die meisten potenziellen Marktzugänge generiert, gefolgt von den hybriden Designs des Ganzheitlichen Förderungsmodells (GF) mit 55 und den Meilensteinprämien (MS) mit 50 Marktzugängen. Die stärker markteintrittsfokussierten Designs FP und MP liefern demgegenüber mit 39 bzw. 38 Fällen die geringsten Anzahlen von Marktzugängen neuer Antibiotika. Jedoch ist nicht nur die Häufigkeit der insgesamt auftretenden Wirkstoffentwicklungen bzw. Marktzugänge relevant (die **Effektivität** in Bezug auf die Forschungsfrage), sondern insbesondere auch, *wie* diese Marktzugänge im Hinblick auf eine wohlfahrtsökonomisch **effiziente** Entwicklung realisiert wurden. Vergleicht man die Anteile der Patenttransfers an den Gesamtmarktzugängen, zeigt sich, dass die hybriden Designs mit verteilten Anreizzahlungen – das Ganzheitliche Förderungsmodell und die Meilensteinprämien – mit 56,4 % bzw. 54,0 % die höchsten Kooperationsanteile aufweisen (MP: 52,6 %, FP: 46,2 %, FF: 32,8 %). Insbesondere beim FF-Design bestätigt sich der vermutete Effekt, der aus den niedrigen Buy-Strategie-Raten der Big

Pharma-Akteure resultiert, dass zwar viele KMUs in den Markt investieren, doch das begrenzte Kaufinteresse von Big Pharma dazu führt, dass nur wenige Kooperationen zustande kommen.

Die Begutachtung der Investitions- und Kooperationsraten im Kooperationsspiel steht damit bereits im Einklang mit den aufgestellten Thesen, wonach die Forschungsförderung und die hybriden Designs zu generell hohen Investitionsraten im Markt führen, jedoch nur die hybriden Designs zugleich in hohem Umfang wohlfahrtsökonomisch effiziente Kooperationen induzieren. Die deskriptiven Ergebnisse sind allerdings durch geeignete statistische Hypothesentests zu überprüfen, bevor belastbare inferenzstatistische Schlussfolgerungen gezogen werden können.

Tabelle 4.1: Verhandlungsergebnisse im Kooperationsspiel (eigene Darstellung)

	FF	MP	MS	FP	GF
Anzahl Verhandlungen	26	28	34	28	37
Anzahl Deals	19	20	27	18	31
Erfolgsrate	73,1 %	71,4 %	79,4 %	64,3 %	83,8 %
Durchschnittliche Verhandlungszeit [in Sek.]	77	96	81	94	90
Durchschnittliche Anzahl an Geboten	14	17	15	21	15
Anzahl Erstgebote KMU	12	15	19	14	24
Anzahl Erstgebote Big Pharma	14	13	15	14	13
Reservationspreis KMU	101	170	126	136	139
Reservationspreis Big Pharma	287	356	311	321	324
Durchschnittlicher Handelspreis	180	279	223	251	234
Durchschnittlicher Handelspreis bei Erstangebot KMU	184	269	222	259	241
Durchschnittlicher Handelspreis bei Erstangebot Big Pharma	174	291	224	239	219
Fairness des Handelspreises¹	-7,4 %	+6,0 %	+2,2 %	+9,9 %	+0,9 %

Bevor diese Tests durchgeführt werden, wird ergänzend ein Blick auf die Daten aus den Verhandlungen im Kooperationsspiel in Tabelle 4.1 geworfen, die zwar nicht im Zentrum der Untersuchung stehen, aber angesichts der umfangreichen Verhandlungsforschung sowie aus Gründen der Vollständigkeit zumindest deskriptiv dargestellt werden. Und auch hier lassen sich einige interessante Aspekte erkennen, die mithilfe der bisher gewonnenen Erkenntnisse begründet werden können.

Die höchste Verhandlungserfolgsrate wird im Ganzheitlichen Förderungsmodell (GF) mit 83,8 % erzielt, gefolgt von den Meilensteinprämien (MS) mit 79,4 %, während die Forschungsförde-

¹ Durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert der Reservationspreise. Ein Wert über Null steht für einen erhöhten Preis und ist damit aus Sicht eines KMU vorteilhaft, während ein Wert unter Null auf einen günstigeren Preis und damit einen Vorteil für Big Pharma hinweist.

rung (FF) und die Markteintrittsprämie (MP) mit 73,1 % bzw. 71,4 % im mittleren Bereich liegen und die Kombination aus Forschungsförderung und Markteintrittsprämie (FP) mit 64,3 % die niedrigste Erfolgsrate aufweist. Die höheren Erfolgsraten in den Verhandlungen unter den hybriden Anreizdesigns (GF, MS) könnten sich dadurch erklären lassen, dass hier beide Akteursgruppen entlang des Entwicklungsprozesses vergleichsweise ausgewogen unterstützt werden, während bei den stärker markteintrittsorientierten Anreizdesigns die Outside-Option der KMUs – in Form eines eigenen Markteintritts – relativ attraktiver ist und damit häufiger zu einem Abbruch der Verhandlungen geführt haben könnte.

Hinsichtlich der Fairness der erzielten Handelspreise – gemessen als Abweichung vom Mittelwert der Reservationspreise – zeigen sich einige Unterschiede zwischen den Designs. Während im FF-Design ein negativer Wert von $-7,4\%$ auftritt und damit tendenziell vorteilhafte (geringere) Preise für Big Pharma realisiert werden, verschiebt sich die Verhandlungsposition in den übrigen Designs zugunsten der KMUs: MP und FP weisen mit $+6,0\%$ bzw. $+9,9\%$ eine Preiserhöhung gegenüber dem mittleren Reservationsniveau auf, während bei MS und GF mit $+2,2\%$ bzw. $+0,9\%$ eine ausgeglichene Verteilung der Verhandlungsergebnisse zu beobachten ist. Die beobachteten Unterschiede in der Fairness der Handelspreise deuten darauf hin, dass die Anreizgestaltung die relative Verhandlungsmacht der Akteure systematisch verschieben könnte. Im FF-Design stärkt die hohe Förderung der frühen Entwicklungsphasen die Position von Big Pharma, da KMUs bereits Teile ihrer Kosten gedeckt haben, ihre Outside-Option eines eigenen Markteintritts jedoch teuer bleibt und sie dadurch eher bereit sind, niedrigere Preise zu akzeptieren. Demgegenüber verbessern MP und FP die Outside-Optionen der KMUs, so dass höhere Verkaufspreise durchgesetzt werden können, während die nahezu neutrale Fairness in den MS- und GF-Designs darauf hindeutet, dass die Verhandlungsmacht beider Seiten annähernd ausbalanciert ist und somit vergleichsweise symmetrische Verhandlungsergebnisse erzielt werden.

4.2 Statistische Hypothesenüberprüfung

Dieses Kapitel widmet sich der differenzierten statistischen Überprüfung der experimentellen Daten. Ziel ist es, die Eindrücke der deskriptiven Analyse sowie die in Abschnitt 3.2.4 formulierten Thesen und Hypothesen einer empirischen Prüfung zu unterziehen. Um eine saubere statistische Hypothesenüberprüfung vornehmen zu können, werden in den Abschnitten 4.2.1 und 4.2.2 zunächst die spezifischen Charakteristika der vorliegenden Datenstruktur dargestellt und darauf aufbauend geeignete statistische Verfahren abgeleitet, mit denen die erforderlichen Tests durchgeführt werden können. Nachdem in Abschnitt 4.2.3 die für die Analyse relevanten Variablen definiert und erläutert werden, widmen sich die Abschnitte 4.2.4 und 4.2.5 den statistischen Tests zur Untersuchung der Effekte der Anreizdesigns auf das Investitions- bzw. Kooperationsverhalten.

4.2.1 Überblick und Charakteristik der vorliegenden Datenstruktur

Um geeignete Modelle für die statistische Hypothesenüberprüfung identifizieren zu können, ist es erforderlich, die Art und Charakteristik der vorliegenden Datenstruktur präzise zu kennen. Zur anschaulichen Erläuterung der Datenstruktur des Experiments und der statistischen Modellierung wird im Folgenden das Investitionsspiel herangezogen. Bis auf wenige Besonderheiten, auf die an der jeweiligen Stelle der Modellspezifikation gesondert hingewiesen wird, gelten die Grundaussagen analog für das Kooperationsspiel.

Die vorliegenden Daten basieren auf zehn Experimentessions mit insgesamt 100 Probanden. Die zentrale Charakteristik der Datenstruktur ist ein Within-Subject-Design mit wiederholten Messungen: Jeder der 100 Probanden durchlief alle fünf experimentellen Treatments und traf in jedem Treatment eine binäre Investitionsentscheidung. Dadurch entstehen pro Proband fünf Beobachtungen, sodass sich insgesamt 500 Beobachtungen (100 Probanden \times 5 Messungen) ergeben. Die Reihenfolge der Treatments wurde mittels eines Latin-Square-Designs systematisch variiert, sodass jedes Treatment in jeder Treatmentposition (1–5) von einer gleichen Anzahl von Probanden durchlaufen wurde und Reihenfolge- sowie Lerneffekte orthogonal zu den Treatmenteffekten sind.

Um die Besonderheit der vorliegenden Datenstruktur zu verdeutlichen, ist es hilfreich, diese in den Kontext klassischer Datenstrukturen einzuordnen, die sich in folgende Bereiche untergliedern lassen (vgl. Das, 2019; Giesselmann & Windzio, 2012):

- **Querschnittsdaten** enthalten Beobachtungen von mehreren Individuen zu einem Zeitpunkt bzw. in einem Treatment. Sie entstehen in der experimentellen Forschung typischerweise bei Between-Subject-Designs, in denen jede Versuchsperson lediglich ein Treatment durchläuft.
- **Längsschnittsdaten** enthalten Beobachtungen zu einem Individuum über mehrere Zeitpunkte bzw. über mehrere Treatments. Längsschnittsdaten werden häufig in Naturbeobachtungsstudien oder wiederholten Umfragen verwendet, bei denen Befragte über längere Zeiträume hinweg beobachtet werden.
- **Paneldaten** kombinieren beide Dimensionen: Sie enthalten Beobachtungen für mehrere Individuen (Querschnittsdimension) über mehrere Zeitpunkte oder Treatments (Längsschnittsdimension). Die Notation für Paneldaten ist typischerweise y_{it} , wobei i das Individuum ($i = 1, \dots, N$) und t die Zeit bzw. das Treatment ($t = 1, \dots, T$) bezeichnet. Die Struktur lässt sich als Matrix visualisieren: Zeilen entsprechen den Individuen, Spalten den Zeitpunkten bzw. Treatments.

Bei den vorliegenden Daten handelt es sich demnach um Paneldaten, da aufgrund des Within-Subject-Designs dieselben Individuen insgesamt fünf Treatments durchliefen. Um noch präziser zu werden, konstituieren die vorliegenden Daten eine **balancierte Mikro-Paneldatenstruktur**:

- **Balanciertes Panel:** Panels werden dann als balanciert bezeichnet, wenn zu jedem Zeitpunkt (Treatment) von jedem Individuum ein Datenpunkt vorliegt (vgl. Das, 2019, S. 459). Im Experiment wurden alle 100 Probanden in allen fünf Treatments beobachtet, und es liegen keine fehlenden Werte vor.
- **Mikro-Panel:** Panels werden dann als Mikro-Panels bezeichnet, wenn die Anzahl der Querschnittseinheiten deutlich größer als die Anzahl der Zeitperioden (Treatments) ist ($N > T$), was bei den vorliegenden Daten mit $100 > 5$ gegeben ist (vgl. Das, 2019, S. 460).

Aus dieser Datenstruktur ergeben sich einige statistische Besonderheiten, auf die bei der folgenden Auswahl und Spezifikation geeigneter statistischer Verfahren näher eingegangen wird.

4.2.2 Auswahl geeigneter statistischer Verfahren

Der zentrale Grund, warum Paneldaten eine besondere statistische Betreuung erfordern, liegt in ihrer Abhängigkeitsstruktur. Die klassische Regressionsannahme der Unabhängigkeit der Beobachtungen ist verletzt, da die Investitionsentscheidungen eines Probanden nicht unabhängig voneinander sind. Stattdessen korrelieren sie, weil sie vom selben Individuum stammen, das wiederum zeitinvariante, unbeobachtete Merkmale (sog. *latente Heterogenität*) aufweist. Formal bedeutet dies, dass die Fehlerterme ε_{it} und ε_{is} für $t \neq s$ im Allgemeinen korreliert sind. Wird diese Abhängigkeitsstruktur ignoriert und eine normale Logit- oder lineare Regression geschätzt, werden die 500 Beobachtungen so behandelt, als stammten sie von 500 unabhängigen Personen, obwohl sie tatsächlich nur von 100 Probanden stammen. Dies führt zu verzerrten Standardfehlern und damit zu überoptimistischer Inferenz. Aus diesem Grund ist es notwendig für Paneldaten eigene Modelle aufzustellen. Ausgangspunkt für die weitere Annäherung an ein geeignetes Modell für die statistische Auswertung ist das folgende Basis-Panelmodell (vgl. Giesselmann & Windzio, 2012, S. 31)

$$y_{it} = \alpha + \sum_k \beta_k x_{k,it} + \sum_j \gamma_j z_{ji} + c_i + \varepsilon_{it}$$

wobei y_{it} die Investitionsentscheidung von Proband i im Treatment t bezeichnet (Investieren ja/nein), $x_{k,it}$ zeitveränderliche Kovariaten wie Treatment oder Treatmentposition sind, z_{ji} beobachtbare zeitinvariante Variablen sind (z.B. Geschlecht, Risikoeinstellung), c_i einen unbeobachteten individuellen, zeitinvarianten Effekt erfasst (sog. *Personeneffekt*), und ε_{it} den idiosynkratischen Fehler darstellt. Die wichtige Fragestellung der Modellierung besteht nun darin, wie mit dem individuellen Effekt c_i umgegangen wird. Hier wird in der ökonometrischen Literatur

zwischen *Fixed Effects (FE)*- und *Random Effects (RE)*-Modellen unterschieden (vgl. Bell et al., 2019; Das, 2019; Giesselmann & Windzio, 2012).

Im FE-Modell wird c_i als individuenspezifischer Parameter aufgefasst, der beliebig mit den Regressoren korreliert sein darf. Formal kann das Modell als

$$y_{it} = \alpha_i + \sum_k \beta_k x_{k,it} + \varepsilon_{it}$$

dargestellt werden, wobei $\alpha_i = \alpha + c_i$ eine individuelle Konstante für jede Versuchsperson darstellt (vgl. Giesselmann & Windzio, 2012, S. 43). In einem FE-Modell werden durch die sogenannte *Within-Transformation* (oder die Schätzung eines Modells mit Probanden-Dummys) alle zeitlich konstanten Größen – sowohl unbeobachtete als auch beobachtete – eliminiert. Das FE-Modell identifiziert deshalb ausschließlich Effekte, die sich aus Veränderungen innerhalb desselben Individuums über Treatments ergeben (*Within-Variation*).

Im RE-Modell wird c_i hingegen als Zufallsvariable modelliert, die aus einer Verteilung gezogen wird und per Annahme unabhängig von den erklärenden Variablen ist ($c_i \perp x_{k,it}$ für alle t) (*Orthogonalitätsannahme*). Das Modell lässt sich schreiben als

$$y_{it} = \alpha + \sum_k \beta_k x_{k,it} + \sum_j \gamma_j z_{j,i} + c_i + \varepsilon_{it}$$

wobei sich der zusammengesetzte Fehler aus $c_i + \varepsilon_{it}$ ergibt (vgl. Giesselmann & Windzio, 2012, S. 89). Unter der beschriebenen Orthogonalitätsannahme nutzt das RE-Modell sowohl Variation innerhalb von Individuen als auch Variation zwischen Individuen (*Within- und Between-Variation*) und erlaubt die Schätzung von Effekten zeitinvarianter Kovariaten. Da weniger Parameter geschätzt werden müssen, ist der RE-Schätzer typischerweise effizienter als der FE-Schätzer.

Für die vorliegende Datenstruktur des Experiments sprechen einige qualitative Argumente dafür, ein RE-Modell als Basismodell zu verwenden. Die Daten liegen als balancierte Mikro-Panelstruktur mit je fünf Entscheidungen pro Proband vor und neben den Treatmenteffekten stehen mehrere erhobene zeitinvariante Kontrollvariablen zur Verfügung (Geschlecht, Risikoeinstellung, Experimentiererfahrung, etc.), deren potenzielle Effekte von Interesse sind (vgl. Giesselmann & Windzio, 2012, S. 108). Ein FE-Modell würde sämtliche zeitinvarianten Kovariaten vollständig eliminieren und damit genau jene Heterogenität ausblenden, die zur Erklärung von Investitionsentscheidungen und zur Prüfung der internen Validität des Designs relevant ist.

Das RE-Modell erlaubt hingegen, den individuellen Effekt als Zufallskomponente zu modellieren und gleichzeitig die Effekte zeitinvarianter Merkmale explizit zu schätzen. Unter der plausiblen Annahme, dass demografische und erfahrungsbezogene Variablen durch das Latin-Square-Design nicht systematisch mit den experimentellen Treatments korreliert sind, lässt sich

die Orthogonalitätsannahme im Experiment sinnvoll begründen. Da das Modell sowohl Variation innerhalb der Personen als auch Variation zwischen Personen nutzt, ermöglicht es eine inhaltlich reichere Interpretation der Ergebnisse.

Um die qualitativen Argumente quantitativ zu stützen, wurde zudem für jedes geschätzte Regressionsmodell ein Hausman-Test durchgeführt (vgl. Das, 2019, S. 507; Hausman, 1978). Dieser Test vergleicht die Koeffizientenschätzer des FE-Modells mit denen des RE-Modells und prüft, ob die Differenzen systematisch von null abweichen, also ob eine Korrelation zwischen individuellem Effekt und Regressoren vorliegt. In keinem der geschätzten Modelle ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den FE- und RE-Schätzern, was die Verwendung eines RE-Modells als geeignetes Modell für die statistische Analyse stützt.

Zur Auswertung des Investitionsverhaltens mit binärer abhängiger Variable (wie im Investitionsspiel: Investieren ja/nein) wurde ein **Generalized Linear Mixed Model (GLMM)** mit logistischer Link-Funktion (*Logit-Modell*)² verwendet (vgl. Giesselmann & Windzio, 2012, S. 127 ff. Stroup, 2013). GLMMs werden eingesetzt, wenn die abhängige Variable nicht normalverteilt ist (z.B. binäre, zähl- oder kategoriale Daten) und die Daten zugleich eine hierarchische Struktur oder – wie im vorliegenden Datensatz – durch wiederholte Messungen innerhalb von Personen eine abhängige Struktur aufweisen. In diesem Rahmen erweitert das GLMM die klassische logistische Regression um zufällige Effekte, die die Abhängigkeit der Beobachtungen innerhalb derselben Einheit berücksichtigen. Ein GLMM besteht aus Fixed Effects und Random Effects. Die Fixed Effects modellieren den Einfluss der erklärenden Variablen, also insbesondere der experimentellen Treatments und der erhobenen Kovariaten. Die Random Effects erfassen zusätzliche, unbeobachtete Heterogenität zwischen den Versuchspersonen, indem sie individuelle Zufallskonstanten für Probanden annehmen und so die Korrelation der Entscheidungen innerhalb derselben Person abbilden. Das für die statistische Hypothesenüberprüfung verwendete logistische GLMM lässt sich wie folgt formulieren:

$$\begin{aligned} \text{logit}(P(y_{it} = 1 \mid \mathbf{x}_{it}, \mathbf{z}_i, c_i)) &= \alpha + \beta_1 \text{Treatment}_{it} + \beta_2 \text{Treatmentposition}_{it} \\ &+ \sum_j \gamma_j \text{Kontrollvariable}_{ji} + c_i \end{aligned}$$

² Als alternative Link-Funktionen kämen bei binären abhängigen Variablen grundsätzlich auch ein Probit- oder ein Complementary-Log-Log-Modell (cloglog) in Betracht. Das cloglog-Modell eignet sich insbesondere bei stark asymmetrischen Verteilungen der abhängigen Variable (vgl. Agresti, 2008). Eine Inspektion der vorliegenden Daten zeigt jedoch eine annähernd symmetrische Verteilung der Zielvariablen, was das cloglog-Modell als weniger geeignet erscheinen lässt. In der Praxis liefern Logit- und Probit-Modelle bei annähernd symmetrischer Verteilung nahezu identische marginale Effekte und Schlussfolgerungen (vgl. Scott Long, 1997). Die Wahl des Logit-Modells folgt daher der in der experimentellen Wirtschaftsforschung verbreiteten Konvention und erlaubt zudem eine direkte Interpretation der exponentiierten Koeffizienten als Odds Ratios, was die inhaltliche Interpretation der Ergebnisse erleichtert. Zur formalen Absicherung der Wahl der Link-Funktion wurden ergänzend Link-Tests nach Pregibon (1980) durchgeführt, deren Ergebnisse die Angemessenheit der logistischen Link-Funktion bestätigten. Zudem wurden die Modelle ergänzend mit cloglog-Link geschätzt, wobei sich keine wesentlichen Unterschiede in den Koeffizientenschätzern und Schlussfolgerungen ergaben.

Dabei ist $\text{logit}(p) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right)$ die logistische Link-Funktion, $P(y_{it} = 1 \mid \mathbf{x}_{it}, \mathbf{z}_i, c_i)$ die bedingte Wahrscheinlichkeit einer Investition und $c_i \sim N(0, \sigma_c^2)$ die zufällige Konstante pro Person (Random Effect).

Die Analyse der Ergebnisse wird je nach betrachteter Zielvariable sowohl für die beiden Spielergruppen (KMU und Big Pharma) separat durchgeführt als auch gemeinsam, wobei in letzterem Fall die Spielergruppe als Kontrollvariable mit in das Modell aufgenommen wird. Im Spezifischen ergibt sich damit das GLMM mit folgender Spezifikation

$$\begin{aligned} \text{logit}(P(y_{it} = 1 \mid \mathbf{x}_{it}, \mathbf{z}_i, c_i)) = & \alpha + \sum_{k=2}^5 \beta_k T_{it}^{(k)} + \beta_{\text{pos}} \text{Treatmentposition}_{it} \\ & + \sum_j \gamma_j Z_{ji} + c_i \end{aligned}$$

wobei

- $T_{it}^{(k)}$ Dummy-Variablen für die Treatments $k = 2, \dots, 5$ sind (mit Treatment 1 als Referenz-treatment),
- $\text{Treatmentposition}_{it}$ die Position des Treatments in der Sequenz (1-5) darstellt,
- Z_{ji} den Vektor der zeitinvarianten Kontrollvariablen für Proband i bezeichnet (Risiko-einstellung, Alter, Geschlecht, Bildungsstand, Wiwi-Studiengang, Experimentiererfahrung, Pharmakennnisse, ggf. Spielerrolle),
- $c_i \sim N(0, \sigma_c^2)$ die zufällige Konstante pro Person ist.

Da die Forschungsfrage nicht nur die Effekte einzelner Treatments relativ zu einem Referenz-Treatment, sondern auch deren relativen Unterschiede untereinander betrachtet, werden paarweise Vergleiche in Form von Wald-Tests (vgl. Wald, 1943) zwischen den Treatments durchgeführt, um die spezifischen Hypothesen zur relativen Effektivität der unterschiedlichen Anreizdesigns zu prüfen (vgl. Bolker et al., 2009). Werden jedoch mehrere Hypothesen am selben Datensatz getestet, steigt mit der Anzahl der Tests die Wahrscheinlichkeit, mindestens einmal fälschlicherweise ein signifikantes Ergebnis zu erhalten. Zur Kontrolle dieses als *Alphafehlerkumulierung* oder *Family-Wise Error Rate* bezeichneten Effekts (vgl. Lehmann & Romano, 2022, S. 405 ff.) wird bei paarweisen Vergleichen zwischen Treatments eine sequenzielle Korrektur der Testentscheidungen angewendet.³

³ Konkret wird der Protected-LSD-Ansatz nach Fisher verwendet (vgl. Saville, 1990). Dieser sieht vor, paarweise Vergleiche nur dann durchzuführen, wenn ein vorgelagerter globaler Omnibus-Test statistische Signifikanz aufweist. Zur Überprüfung der Robustheit wurden die paarweisen Vergleiche im Investitionsspiel ergänzend mit der Bonferroni-Holm-Korrektur durchgeführt (vgl. Holm, 1979); die Signifikanzbeurteilung der ausgewiesenen Kontraste blieb dabei unverändert.

Die Hausman-Tests wurden mit der Statistiksoftware Stata (vgl. StataCorp., 2012) durchgeführt; die Schätzung der verschiedenen Regressionsmodelle erfolgte mit der Statistiksoftware SPSS (vgl. IBM Corp., 2024).

4.2.3 Definition und Beschreibung der untersuchten Variablen

Im Folgenden werden die Variablen vorgestellt, die in den Regressionsmodellen Anwendung finden. Sie untergliedern sich in Zielvariablen, Prädiktorvariablen, sowie Kontrollvariablen, zu denen demografische, erfahrungsbezogene und experimentspezifische Merkmale zählen. Tabelle 4.2 gibt einen Überblick über die in den Modellen verwendeten Variablen.

Zur Sicherstellung der Modellstabilität wurden die Kontrollvariablen vorab auf Multikollinearität geprüft. Die Spearman-Korrelationsmatrix (vgl. Tabelle A.5 im Anhang) zeigt lediglich moderate Zusammenhänge zwischen den Kontrollvariablen (alle $\rho < 0,5$). Ergänzend bestätigte die Analyse der Varianzinflationsfaktoren (VIF), dass keine problematische Multikollinearität vorliegt. Alle VIF-Werte liegen mit einem Maximum von 1,808 (Alter) weit unter dem kritischen Schwellenwert von 5 (vgl. Hair et al., 2019) (vgl. Tabelle A.6 im Anhang).

Tabelle 4.2: Verwendete Variablen in den Regressionsmodellen (eigene Darstellung)

	Variable	Messniveau	Kodierung	Skala
Zielvariablen	Investition	Binär	0 = nein, 1 = ja	0–1
	Investition - Make	Binär	0 = nein, 1 = ja	0–1
	Investition - Buy	Binär	0 = nein, 1 = ja	0–1
	Patenttransfer	Binär	0 = nein, 1 = ja	0–1
	Begonnene Wirkstoffentwicklung	Binär	0 = nein, 1 = ja	0–1
Prädiktorvariablen	Markteintrittsprämie (MP) (Referenz-treatment)	Binär	0 = nein, 1 = ja	0–1
	Forschungsförderung (FF)	Binär	0 = nein, 1 = ja	0–1
	Forschungsförderung & Markteintrittsprämie (FP)	Binär	0 = nein, 1 = ja	0–1
	Meilensteinprämien (MS)	Binär	0 = nein, 1 = ja	0–1
	Ganzheitliches Förderungsmodell (GF)	Binär	0 = nein, 1 = ja	0–1
	CoM (CoM_{norm})	Metrisch	Normierter zeitlicher Zahlungsschwerpunkt entlang des Wertschöpfungsprozesses	0–1
	HHI	Metrisch	Normierter Herfindahl-Hirschman-Index der Zahlungskonzentration	0–1
Kontrollvariablen	Spielerrolle	Binär	0 = KMU, 1 = Big Pharma	0–1
	Risikoeinstellung	Ordinal	1 = risikoavers, 9 = risikofreundlich	1–9
	Treatmentposition	Ordinal	Position in der Sequenz	1–5
	Alter	Ordinal	1: 18–21 Jahre (J.), 2: 22–25 J., 3: 26–29 J., 4: 30–33 J., 5: >33 J.	1–5
	Weiblich	Binär	0 = männlich, 1 = weiblich	0–1
	Bildungsstand	Ordinal	1: Abitur, 2: Ausbildung, 3: Bachelor, 4: Master/Diplom, 5: Promotion	1–5
	Wiwi-Studiengang	Binär	0 = andere, 1 = WIng/WInfo	0–1
	Experimentierfahrung	Ordinal	0: keine, 1: 1–2, 2: 3–4, 3: 5–6, 4: >6	0–4
	Pharmakennntnisse	Ordinal	1: Sehr schlecht, 2: Schlecht, 3: Mittel, 4: Gut, 5: Sehr gut	1–5
Payoff	Metrisch	Erzielter Experiment-Payoff vor der Investitionsentscheidung	–	

Anmerkung: Die mehrstufigen Skalen (Risikoeinstellung, Treatmentposition, Alter, Bildungsstand, Experimentierfahrung, Pharmakennntnisse) werden in den Modellen als metrische Variablen verwendet und somit näherungsweise als intervallskaliert behandelt. CoM und HHI werden ausschließlich in den ergänzenden Regressionsmodellen als kontinuierliche Prädiktoren anstelle der kategorialen Treatmentvariablen aufgenommen.

4.2.4 Statistische Hypothesenüberprüfung von Investitionen

Im Rahmen dieses Abschnitts wird untersucht, inwiefern die Anreizdesigns das Investitionsverhalten von KMU- und Big Pharma-Akteuren in Bezug auf eine Eigenentwicklung von Wirkstoffen beeinflussen. Hierzu werden die Effekte der einzelnen Anreizdesigns auf folgende Zielvariablen mithilfe von Regressionsanalysen quantifiziert und damit die im deskriptiven Teil gewonnenen Eindrücke überprüft:

- *Begonnene Wirkstoffentwicklungen im Investitionsspiel*
 - *Investition von KMUs im Investitionsspiel*
 - *Investition von Big Pharma-Akteuren im Investitionsspiel*
- *Begonnene Wirkstoffentwicklungen im Kooperationsspiel*
 - *Investition von KMUs im Kooperationsspiel*
 - *Make-Strategie von Big Pharma-Akteuren im Kooperationsspiel*

Beim Blick auf die Ergebnisse der Regressionen zum Investitionsverhalten im Investitionsspiel bestätigen sich die bereits deskriptiv formulierten Befunde. Tabelle 4.3 berichtet die Schätzungen für das Investitionsverhalten über beide Akteursgruppen hinweg (begonnene Wirkstoffentwicklungen), während die entsprechenden Regressionsergebnisse getrennt nach KMU- und Big Pharma-Akteuren den Tabellen A.8 und A.9 im Anhang zu entnehmen sind.

Das Vorgehen bei der Regressionsanalyse ist für alle Zielvariablen einheitlich: Für jede Analyse werden drei Regressionsmodelle berichtet, in denen sukzessive Kontrollvariablen in die Gleichung aufgenommen wurden. Am Beispiel der begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Investitionsspiel zeigt Modell (1) die Ergebnisse ohne Kontrollvariablen, Modell (2) ergänzt die Spielrolle sowie die Risikoeinstellung als zwei aus regulatorischer Perspektive besonders relevante Einflussfaktoren, und Modell (3) berücksichtigt zusätzlich sämtliche demografischen, erfahrungsbezogenen und experimentspezifischen Kontrollvariablen.⁴

Die Regressionsergebnisse verdeutlichen, dass die Anreizdesigns die zentralen erklärenden Faktoren für die Entscheidung zur Aufnahme einer Wirkstoffentwicklung darstellen. Im Vergleich zum Referenz-treatment MP erhöhen die übrigen Anreizdesigns die Investitionswahrscheinlichkeit hochsignifikant. Die Odds einer begonnenen Wirkstoffentwicklung sind unter FP etwa viermal, unter MS gut zehnmals, unter FF rund 14-mal und unter GF knapp 20-mal so hoch wie unter MP (alle $p < 0,001$).

⁴ Ergänzend wurde für jede Zielvariable ein viertes Modell berechnet, das ausschließlich die in Modell (3) statistisch signifikanten Kontrollvariablen enthält. Erwartungsgemäß wies dieses Modell die niedrigsten AIC-Werte auf; gegenüber Modell (3) ergaben sich jedoch keine qualitativen Änderungen in der Beurteilung der Treatmenteffekte, weshalb auf eine gesonderte Berichterstattung verzichtet wird.

Tabelle 4.3: Regressionstabelle zur Analyse der begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Investitionsspiel (eigene Darstellung)

		Zielvariable: Investition					
Nr.	Unabhängige Variablen	(1)		(2)		(3)	
		Exp(β)	p-Wert ¹	Exp(β)	p-Wert	Exp(β)	p-Wert
Prädikt.	1 MP (Ref.)	-	-	-	-	-	-
	2 FF	14,029 (0,367)	<0,001***	14,290 (0,369)	<0,001***	14,521 (0,376)	<0,001***
	3 FP	3,985 (0,364)	<0,001***	4,018 (0,365)	<0,001***	4,011 (0,371)	<0,001***
	4 MS	9,489 (0,362)	<0,001***	9,636 (0,363)	<0,001***	10,068 (0,370)	<0,001***
	5 GF	17,824 (0,373)	<0,001***	18,187 (0,375)	<0,001***	19,650 (0,384)	<0,001***
Kontr.	6 Spielerrolle			0,741 (0,230)	0,193	0,656 (0,240)	0,080
	7 Risikoeinstellung			1,134 (0,103)	0,221	1,199 (0,109)	0,097
	8 Treatmentposition					1,000 (0,073)	0,995
	9 Alter					0,612 (0,223)	0,028*
	10 Weiblich					0,994 (0,279)	0,983
	11 Bildungsstand					1,004 (0,146)	0,981
	12 Wiwi-Studiengang					1,102 (0,323)	0,763
	13 Experimentererfahrung					1,382 (0,141)	0,022*
	14 Branchenkenntnis					1,023 (0,148)	0,876
	Konstante	0,146 (0,303)	<0,001***	0,090 (0,597)	<0,001***	0,108 (0,790)	0,005**
	Modell-Klasse	Logit GLMM					
	Anzahl Subjekte / Beobachtungen	100 / 500		100 / 500		98 / 490 ²	
	-2LL	2233,371		2239,619		2225,821	
	AIC (korrigiert) / BIC	2235,379 / 2239,576		2241,627 / 2245,819		2227,829 / 2231,986	
Pseudo R_m^2 / R_c^2	0,204 / 0,257		0,212 / 0,264		0,237 / 0,289		

¹ * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001² Bei der Befragung zum Bildungsstand bzw. zur Branchenkenntnis machten jeweils ein Big Pharma-Spieler keine Angabe, weshalb diese Individuen in den Modellen nicht berücksichtigt wurden.

Die Kontrollvariablen tragen demgegenüber nur begrenzt zur Erklärung des Investitionsverhaltens bei. Weder Spielerrolle noch Risikoeinstellung, Treatmentposition, Geschlecht, Bildungsstand, Studienfach oder Branchenkenntnis erreichen in Modell (3) ein Signifikanzniveau von mindestens 5 %, was darauf hindeutet, dass die Wirkung der Anreizdesigns weitgehend robust gegenüber diesen individuellen Unterschieden ist. Lediglich Alter ($Exp(\beta) = 0,612; p = 0,028$) und Experimentierfahrung ($Exp(\beta) = 1,382; p = 0,022$) weisen schwächer signifikante Effekte auf, deren Richtung zwar auf leicht reduzierte Investitionsneigung älterer Personen bzw. eine erhöhte Investitionsbereitschaft erfahrener Probanden hindeutet, deren Effektstärken jedoch im Vergleich zu den Treatmentdummies deutlich geringer ausfallen und die zentralen Muster der Anreizwirkungen nicht substantiell verändern.

Die geschätzten Koeffizienten der Anreizdesigns in der Regressionstabelle 4.3 bilden jedoch ausschließlich die Unterschiede relativ zum Referenz-treatment MP ab. Tabelle 4.4 zeigt hingegen die Unterschiede zwischen den einzelnen Anreizdesigns, deren paarweise Kontraste mithilfe von Wald-Tests berechnet wurden⁵. Die paarweisen Kontraste der Anreizdesigns getrennt nach Akteursgruppe sind im Anhang dargestellt (vgl. Abschnitt A.4.2).

Tabelle 4.4: Paarweise Kontraste bei begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Investitionsspiel (eigene Darstellung)

Kontraste	Kontrast-schätzer	p-Wert ¹	95%-Konfidenzintervall	
			Unterer	Oberer
GF – FP	0,375	<0,001***	0,192	0,557
GF – MS	0,150	0,091	–0,016	0,316
GF – MP	0,608	<0,001***	0,446	0,769
GF – FF	0,064	0,452	–0,076	0,204
FP – MS	–0,225	0,007**	–0,403	–0,047
FP – MP	0,233	<0,001***	0,077	0,389
FP – FF	–0,311	<0,001***	–0,495	–0,127
MS – MP	0,458	<0,001***	0,285	0,631
MS – FF	–0,086	0,452	–0,245	0,074
MP – FF	–0,544	<0,001***	–0,712	–0,376

¹Die p-Werte wurden Holm-Bonferroni korrigiert; * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Durch die Interpretation der paarweisen Kontraste ist es möglich, die unterschiedlichen Wirkungen der Anreizdesigns auf das Investitionsverhalten der Akteure zu analysieren und die zuvor aufgestellten Hypothesen zu überprüfen. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die Forschungsförderung (FF) als auch die hybriden Designs (GF, MS) zu signifikant mehr Investitionen aller

⁵ Die paarweisen Kontraste basieren jeweils auf Modell (3) der zugehörigen Regressionstabelle.

Akteure geführt haben als die Kombination aus Forschungsförderung und Markteintrittsprämie (FP) sowie die reine Markteintrittsprämie (MP). Die akteursspezifischen Regressionen reproduzieren dieses Muster weitgehend, weisen jedoch eine unterschiedliche Schwerpunktsetzung der Anreizwirkungen auf. Bei KMUs zeigt insbesondere die Forschungsförderung die stärksten und robustesten Signifikanzen im Vergleich zu den markteintrittsorientierten Designs (vgl. Tabelle A.15), während bei Big Pharma vor allem die beiden hybriden Designs durchgängig signifikant attraktiver sind als das FP- und MP-Design (vgl. Tabelle A.16).

Insgesamt stützen diese Befunde die Hypothesen I.1 und I.2 sowie die Hypothesen II.1–II.4 und unterstreichen die hohe Wirksamkeit der Forschungsförderung und der hybriden Anreizstrukturen bei neuen Wirkstoffentwicklungen. Zur besseren Übersicht werden die Ergebnisse der paarweisen Kontraste in Abbildung 4.4 visualisiert. Die Abbildung ist so zu lesen, dass zwischen zwei Treatments immer dann ein signifikanter Unterschied auf mindestens 5 %-Niveau besteht, wenn sie von mindestens einer Linie getrennt sind. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird diese Darstellungsweise anstelle der tabellarischen Übersicht verwendet. Die detaillierten Ergebnisse der paarweisen Kontraste finden sich für die Investitionen in Abschnitt A.4.2 und für die Kooperationen in Abschnitt A.4.4 im Anhang.

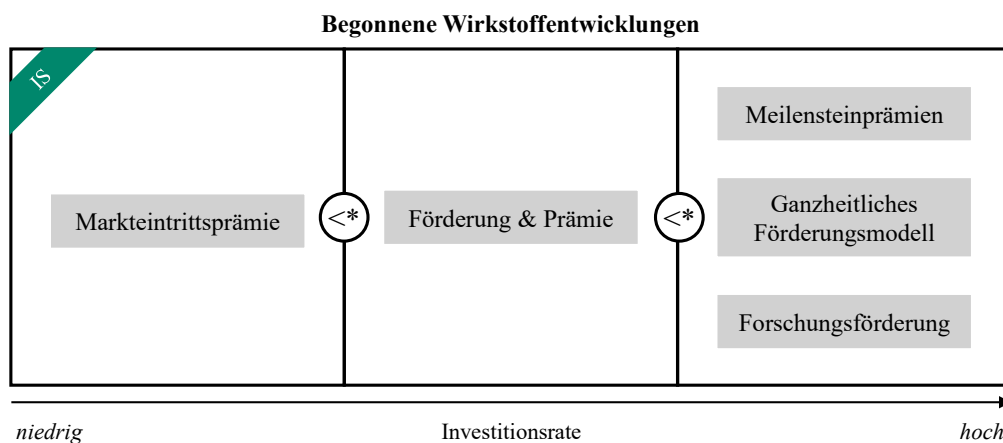


Abbildung 4.4: Paarweise Kontraste bei begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Investitionsspiel (eigene Darstellung)

Zur Überprüfung der Hypothesen I.3 und II.5 wurden ergänzend zwei Regressionsmodelle geschätzt, in denen anstelle der kategorialen Treatmentvariablen das CoM (vgl. Tabelle 4.5) bzw. der HHI (vgl. Tabelle 4.6) als kontinuierliche Prädiktoren aufgenommen wurden.

Beide Maße erweisen sich im Investitionsspiel als hochsignifikante Prädiktoren des Investitionsverhaltens (jeweils $p < 0,001$ in allen drei Modellen). Für das CoM zeigt Modell (3) ein Odds Ratio von $Exp(\beta) = 0,083$: Eine vollständige Verlagerung des Zahlungsschwerpunkts von der frühesten zur spätesten Wertschöpfungsstufe – d.h. ein Anstieg des CoM_{norm} von 0

Tabelle 4.5: Regressionstabelle zur Analyse der begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Investitionsspiel mittels CoM (eigene Darstellung)

		Zielvariable: Investition						
Nr.	Unabhängige Variablen	(1)		(2)		(3)		
		Exp(β)	p-Wert¹	Exp(β)	p-Wert	Exp(β)	p-Wert	
Prädikt.	1	CoM (normiert)	0,085 (0,337)	<0,001***	0,084 (0,339)	<0,001***	0,083 (0,344)	<0,001***
	2	Spielerrolle			0,760 (0,210)	0,193	0,682 (0,218)	0,080
	3	Risikoeinstellung			1,122 (0,094)	0,221	1,179 (0,100)	0,099
	4	Treatmentposition					0,995 (0,070)	0,945
	5	Alter					0,638 (0,204)	0,028*
	6	Weiblich					0,995 (0,254)	0,983
	7	Bildungsstand					1,004 (0,133)	0,978
	8	Wiwi-Studiengang					1,094 (0,295)	0,762
	9	Experimenterfahrung					1,339 (0,127)	0,022*
	10	Branchenkenntnis					1,020 (0,135)	0,883
Kontr.								
	Konstante	2,580 (0,163)	<0,001***	1,677 (0,490)	0,291	2,103 (0,682)	0,276	
Modell-Klasse		Logit GLMM						
Anzahl Subjekte / Beobachtungen		100 / 500		100 / 500		48 / 490 ²		
-2LL		2183,171		2189,443		2171,655		
AIC (korrigiert) / BIC		2185,179 / 2189,382		2191,452 / 2195,650		2173,663 / 2177,826		
Pseudo R_m^2 / R_c^2		0,135 / 0,169		0,142 / 0,175		0,162 / 0,195		

¹ * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001² Bei der Befragung zum Bildungsstand bzw. zur Branchenkenntnis machten jeweils ein Big Pharma-Spieler keine Angabe, weshalb diese Individuen in den Modellen nicht berücksichtigt wurden.

auf 1 – reduziert die Investitionswahrscheinlichkeit auf unter ein Zehntel. Für den HHI ergibt sich $Exp(\beta) = 0,244$, sodass maximale Konzentration der Anreizzahlungen auf eine einzige Wertschöpfungsstufe mit einer um rund drei Viertel reduzierten Investitionswahrscheinlichkeit einhergeht. Hinsichtlich der Modellgüte weist das CoM mit einem marginalen Pseudo- R^2 von 0,162 gegenüber 0,076 beim HHI eine deutlich höhere Erklärungskraft auf, was darauf hin-

Tabelle 4.6: Regressionstabelle zur Analyse der begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Investitionsspiel mittels HHI (eigene Darstellung)

		Zielvariable: Investition						
Nr.	Unabhängige Variablen	(1)		(2)		(3)		
		Exp(β)	p-Wert ¹	Exp(β)	p-Wert	Exp(β)	p-Wert	
Prädikt.	1	HHI	0,262 (0,282)	<0,001***	0,259 (0,283)	<0,001***	0,244 (0,290)	<0,001***
	2	Spielerrolle			0,778 (0,192)	0,193	0,704 (0,200)	0,081
	3	Risikoeinstellung			1,111 (0,086)	0,221	1,163 (0,091)	0,100
	4	Treatmentposition					1,001 (0,067)	0,986
	5	Alter					0,661 (0,188)	0,028*
	6	Weiblich					0,995 (0,234)	0,982
	7	Bildungsstand					1,004 (0,122)	0,975
	8	Wiwi-Studiengang					1,086 (0,271)	0,762
	9	Experimenterfahrung					1,305 (0,116)	0,022*
	10	Branchenkenntnis					1,018 (0,124)	0,887
Konstante		2,256 (0,200)	<0,001***	1,520 (0,468)	0,371	1,910 (0,642)	0,314	
Modell-Klasse		Logit GLMM						
Anzahl Subjekte / Beobachtungen		100 / 500		100 / 500		48 / 490 ²		
-2LL		2139,282		2147,182		2131,415		
AIC (korrigiert) / BIC		2141,290 / 2145,492		2149,190 / 2153,388		2133,423 / 2137,586		
Pseudo R_m^2 / R_c^2		0,045 / 0,060		0,052 / 0,066		0,076 / 0,090		

¹ * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001² Bei der Befragung zum Bildungsstand bzw. zur Branchenkenntnis machten jeweils ein Big Pharma-Spieler keine Angabe, weshalb diese Individuen in den Modellen nicht berücksichtigt wurden.

deutet, dass der zeitliche Zahlungsschwerpunkt die Investitionsneigung besser abbildet als das bloße Konzentrationsmaß. Diese Befunde stützen sowohl Hypothese I.3 als auch Hypothese II.5

und unterstreichen, dass die theoretisch hergeleiteten Strukturmerkmale der Anreizdesigns einen robusten, designübergreifenden Zusammenhang mit dem Investitionsverhalten aufweisen.⁶

Im nächsten Schritt richtet sich der Blick auf das Investitionsverhalten der Akteure im Kooperationspiel. Da sich der erste Teil der Forschungsfrage auf die Frage konzentriert, welche Anreizdesigns die initiale F&E-Aktivität – also den Beginn einer Wirkstoffentwicklung – fördern, wird zunächst wieder ein integrierter Analyseansatz gewählt, der beide Akteurstypen in ihren F&E-Entscheidungen vergleichbar macht.

Für die Analyse wurde eine binäre Zielvariable „*begonnene Wirkstoffentwicklung*“ konstruiert, die die Entscheidung zur Eigenentwicklung eines Wirkstoffs erfasst. Für KMUs nimmt sie den Wert 1 an, wenn die Investitionsentscheidung positiv ausfällt, und 0 andernfalls; für Big Pharma-Akteure wird sie genau dann auf 1 gesetzt, wenn die Make-Strategie gewählt wird, während sowohl die Buy-Strategie als auch die Entscheidung, nicht zu investieren, als 0 kodiert werden.

Diese Harmonisierung ist insofern sinnvoll, als dass aus politikökonomischer Perspektive zunächst vor allem relevant ist, ob insgesamt neue Wirkstoffe initiiert werden, weitgehend unabhängig davon, von welchem Akteur sie entwickelt werden. Unter dieser Perspektive werden beide Akteursgruppen in einem integrierten GLMM gemeinsam analysiert, wobei die Spielerrolle (KMU vs. Big Pharma) als Kontrollvariable in das Modell aufgenommen wird. Die damit verbundene Limitation – nämlich dass ausgeblendet wird, auf welche Weise bei Big Pharma eine Entscheidung gegen die Make-Strategie zustande kommt – wird dadurch adressiert, dass im Anschluss Make- bzw. Buy-Strategie in separaten GLMMs modelliert werden, um Substitutionsdynamiken zwischen den Strategien im Sinne *separater binärer Logits*⁷ zu identifizieren.

Die Investitionsentscheidung aus dem Investitionsspiel wurde bewusst nicht als Kontrollvariable für die Investitionsentscheidung im Kooperationspiel aufgenommen. In RE-Modellen wäre eine verzögerte abhängige Variable (*lagged dependant variable*) notwendigerweise mit dem individuellen Fehlerterm korreliert, wodurch die Annahme strikter Exogenität verletzt und die Parameterschätzer verzerrt würden (vgl. Nickell, 1981). Zudem würde die ausgeprägte Autokorrelation des individuellen Verhaltens einen Großteil der Varianz absorbieren und damit die Identifikation der eigentlich interessierenden kausalen Treatmenteffekte der Anreizdesigns weitgehend überlagern. Die Analyse fokussiert sich daher auf die direkten Effekte der exoge-

⁶ Ergänzend wurde ein Regressionsmodell geschätzt, das CoM und HHI simultan als Prädiktoren enthält (vgl. Tabelle A.10 im Anhang). Die AIC- und BIC-Werte sowie die Pseudo- R^2 -Maße bewegen sich in einem vergleichbaren Bereich wie jene der treatmentbasierten Regressionen; qualitativ neue Erkenntnisse gegenüber den separaten Modellen ergeben sich nicht.

⁷ Separate binäre Logits (*separate binary logits*) bezeichnen einen Modellierungsansatz, bei dem ein mehrkategoriales Entscheidungsproblem in mehrere separate binäre logistische Regressionen zerlegt wird. Für jede Kategorie wird ein eigenes Logit-Modell geschätzt, das diese Kategorie jeweils gegen alle übrigen Alternativen (one-vs-rest) kontrastiert.

Tabelle 4.7: Regressionstabelle zur Analyse der begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Kooperationspiel (eigene Darstellung)

		Zielvariable: Begonnene Wirkstoffentwicklung						
Nr.	Unabhängige Variablen	(1)		(2)		(3)		
		Exp(β)	p-Wert ¹	Exp(β)	p-Wert	Exp(β)	p-Wert	
		-	-	-	-	-	-	
Prädikt.	1 MP (Ref.)	-	-	-	-	-	-	
	2 FF	3,739 (0,371)	<0,001***	5,340 (0,425)	<0,001***	5,492 (0,430)	<0,001***	
	3 FP	1,070 (0,368)	0,854	1,100 (0,400)	0,812	1,101 (0,403)	0,812	
	4 MS	2,220 (0,368)	0,031*	2,711 (0,414)	0,016*	2,751 (0,418)	0,016*	
	5 GF	3,075 (0,369)	0,002**	4,171 (0,421)	<0,001***	4,270 (0,426)	<0,001***	
Kontr.	6 Spielerrolle			0,020 (0,369)	<0,001***	0,020 (0,385)	<0,001***	
	7 Risikoeinstellung			1,135 (0,139)	0,363	1,128 (0,151)	0,425	
	8 Treatmentposition			1,031 (0,105)	0,773	1,033 (0,107)	0,762	
	9 Payoff			0,962 (0,057)	0,500	0,962 (0,059)	0,513	
	10 Alter					1,050 (0,310)	0,876	
	11 Weiblich					1,150 (0,378)	0,711	
	12 Bildungsstand					0,994 (0,203)	0,975	
	13 Wiwi-Studiengang					1,418 (0,460)	0,449	
	14 Experimentererfahrung					1,127 (0,186)	0,520	
	15 Branchenkenntnis					1,157 (0,206)	0,478	
	Konstante		0,463 (0,328)	0,019*	1,360 (0,785)	0,695	0,650 (1,006)	0,669
	Modell-Klasse		Logit GLMM					
	Anzahl Subjekte / Beobachtungen		100 / 500		100 / 500		98 / 490	
	-2LL		2368,347		2466,974		2433,148	
	AIC (korrigiert) / BIC		2370,355 / 2374,552		2468,982 / 2473,171		2435,157 / 2439,312	
Pseudo R_m^2 / R_c^2		0,036 / 0,501		0,462 / 0,543		0,462 / 0,555		

¹ * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

nen Anreizdesigns, ohne die endogene Pfadabhängigkeit des individuellen Verhaltens statistisch herauszurechnen.

Beim Blick auf die Ergebnisse der Regression (vgl. Tabelle 4.7) und die paarweisen Kontraste (vgl. Abbildung 4.5) zeigt sich zunächst, dass die Anreizdesigns erneut die zentralen Determinanten der Entscheidung zur Eigenentwicklung darstellen, da – mit Ausnahme der Spielergruppe – keine Kontrollvariable ein signifikantes Niveau erreicht. Gleichzeitig bestätigt sich das bereits im Investitionsspiel beobachtete Muster, wonach die Forschungsförderung (FF) sowie die beiden hybriden Designs (GF, MS) zu signifikant mehr eigenen F&E-Bemühungen als die überwiegend markteintrittsorientierten Designs FP und MP führen. Damit stützen auch diese Ergebnisse die Thesen I und II mit den zugehörigen Hypothesen I.1 und I.2 sowie II.1–II.4, wonach insbesondere früh und entlang des Wertschöpfungsprozesses ansetzende Anreizmechanismen die Entscheidung zur eigenständigen Wirkstoffentwicklung besonders fördern.

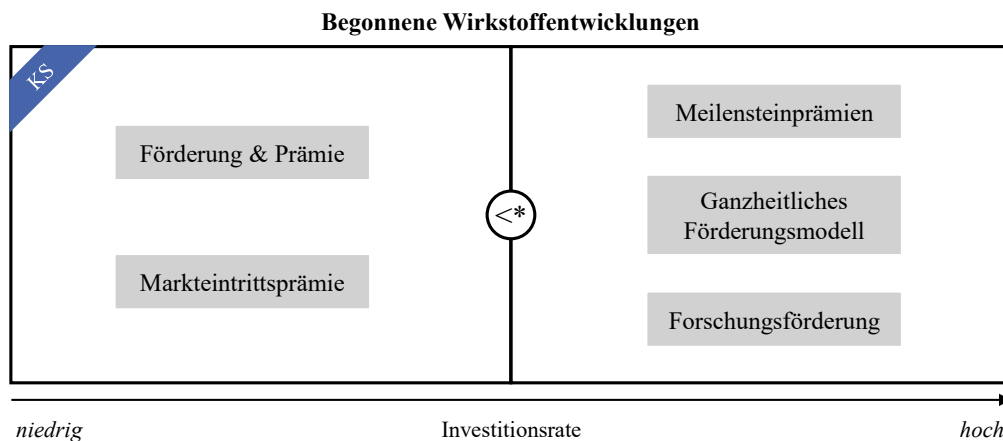


Abbildung 4.5: Paarweise Kontraste bei begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Kooperationsspiel (eigene Darstellung)

Die ergänzende Regression mit dem CoM als kontinuierlichem Prädiktor liefert auch im Kooperationsspiel ein klares Bild (vgl. Tabelle 4.8). Das CoM erweist sich als hochsignifikanter Prädiktor ($Exp(\beta) = 0,243$; $p < 0,001$ in Modell (3)) und bestätigt damit Hypothese I.3: Ein früherer Zahlungsschwerpunkt geht konsistent mit einer höheren Rate begonnener Wirkstoffentwicklungen einher. Die entsprechende Regression mit dem HHI als Prädiktor (vgl. Tabelle A.13 im Anhang) erreicht hingegen in keinem Modell statistische Signifikanz ($Exp(\beta) = 0,662$; $p = 0,283$ in Modell (3)), sodass Hypothese II.5 im Kooperationsspiel nicht gestützt wird. Dies lässt sich dadurch begründen, dass der HHI für die Forschungsförderung (FF) und die Markteintrittsprämie (MP) identische Werte von jeweils 1,00 ausweist, da beide Designs ihre Zahlungen vollständig auf eine einzige Wertschöpfungsstufe konzentrieren. Im Kooperationsspiel erzeugen diese beiden Designs jedoch grundlegend unterschiedliche strategische Konstellationen (FF

Tabelle 4.8: Regressionstabelle zur Analyse der begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Kooperationsspiel mittels CoM (eigene Darstellung)

		Zielvariable: Begonnene Wirkstoffentwicklung						
Nr.	Unabhängige Variablen	(1)		(2)		(3)		
		Exp(β)	p-Wert ¹	Exp(β)	p-Wert	Exp(β)	p-Wert	
Prädikt.	1	CoM (normiert)	0,326 (0,353)	0,002**	0,253 (0,394)	<0,001***	0,243 (0,398)	<0,001***
	2	Spielerrolle			0,027 (0,310)	<0,001***	0,024 (0,363)	<0,001***
	3	Risikoeinstellung			1,121 (0,133)	0,391	1,123 (0,146)	0,427
	4	Treatmentposition					1,033 (0,105)	0,760
Kontr.	5	Payoff					0,960 (0,058)	0,486
	6	Alter					1,045 (0,300)	0,883
	7	Weiblich					1,142 (0,366)	0,716
	8	Bildungsstand					0,996 (0,196)	0,984
	9	Wiwi-Studiengang					1,392 (0,446)	0,458
	10	Experimenterfahrung					1,121 (0,180)	0,527
	11	Branchenkenntnis					1,154 (0,199)	0,473
Konstante		1,424 (0,262)	0,178	5,204 (0,690)	0,017*	2,618 (0,956)	0,315	
Modell-Klasse		Logit GLMM						
Anzahl Subjekte / Beobachtungen		100 / 500		100 / 500		48 / 490 ²		
-2LL		2341,238		2419,854		2388,962		
AIC (korrigiert) / BIC		2343,247 / 2347,449		2421,862 / 2426,061		2390,971 / 2395,132		
Pseudo R_m^2 / R_c^2		0,018 / 0,471		0,427 / 0,499		0,426 / 0,516		

¹ * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

² Bei der Befragung zum Bildungsstand bzw. zur Branchenkenntnis machten jeweils ein Big Pharma-Spieler keine Angabe, weshalb diese Individuen in den Modellen nicht berücksichtigt wurden.

begünstigt eine Make-Strategie, MP hingegen eine Buy-Strategie), die der HHI nicht zu differenzieren vermag. Das CoM trennt hingegen präzise zwischen beiden ($CoM_{norm}(FF) = 0,00$; $CoM_{norm}(MP) = 1,00$) und behält dadurch seine Trennschärfe. Ungeachtet der fehlenden Signifikanz des HHI als kontinuierlichem Prädiktor wird These II im Kooperationsspiel durch die

hochsignifikanten paarweisen Kontraste robust gestützt, die belegen, dass die zeitlich verteilten Hybriddesigns MS und GF konsistent mehr Wirkstoffentwicklungen induzieren als die stark markteintrittsorientierten Designs FP und MP.

Zusammenfassend zeichnet die statistische Hypothesenüberprüfung ein konsistentes Bild: Über beide Spielkontexte hinweg erweisen sich die Anreizdesigns als die dominanten Determinanten der Investitionsentscheidung, während individuelle Merkmale der Probanden keinen substantiellen Erklärungsbeitrag leisten. Die Forschungsförderung (FF) sowie die hybriden Designs GF und MS induzieren durchgängig und hochsignifikant mehr Wirkstoffentwicklungen als die markteintrittsorientierten Designs FP und MP. Als designübergreifende Strukturmerkmale erweisen sich sowohl der zeitliche Zahlungsschwerpunkt (CoM) als auch – mit Einschränkungen im Kooperationsspiel – die Zahlungskonzentration (HHI) als robuste Prädiktoren des Investitionsverhaltens. Die Befunde stützen damit die Thesen I und II einschließlich der zugehörigen Hypothesen I.1–I.3 sowie II.1–II.5 und unterstreichen, dass sowohl frühe als auch entlang des Wertschöpfungsprozesses verteilte Anreize die Investitionsneigung der Marktakteure maßgeblich fördern.

4.2.5 Statistische Hypothesenüberprüfung von Kooperationen

In diesem Abschnitt wird der Blick auf das Kooperationsverhalten der Akteure und damit auf den zweiten Teil der Forschungsfrage gerichtet. Um das Kooperationsverhalten systematisch zu analysieren, stehen die folgenden Zielvariablen im Fokus der Regressionsanalysen:

- *Patenttransfers im Kooperationsspiel*
- *Buy-Strategie von Big Pharma-Akteuren im Kooperationsspiel*

Ein Patenttransfer ist im Kooperationsspiel per Definition eine bilaterale Transaktion zwischen einem KMU als Anbieter und einem Big Pharma-Akteur als Nachfrager. Eine gemeinsame Auswertung beider Akteursgruppen innerhalb einer Regression würde statistisch zu einer Doppelzählung derselben Ereignisse und damit zu Pseudo-Replikation führen, sodass für die inferenzstatistische Analyse nur eine Marktseite betrachtet wird. Im Mittelpunkt steht die Frage, unter welchen Anreizdesigns Big Pharma Bereitschaft zum Erwerb von Wirkstoffpatenten zeigt, da diese Nachfrageseite in der aktuellen Praxis den Engpass der Kooperationskette bildet. Die GLMM-Analyse wird daher auf die Stichprobe der Big Pharma-Spieler beschränkt⁸.

Die Analyse der in der Regression beobachteten Patenttransfers (vgl. Tabelle 4.9) sowie der paarweisen Kontraste (vgl. Abbildung 4.6) bestätigt die zuvor formulierten Annahmen und die

⁸ Als Robustheitscheck wurde dieselbe Analyse für die Verkäuferseite (KMU) durchgeführt. Die Ergebnisse bestätigen die Richtung der Effekte, werden aber zur Vermeidung von Redundanz und Pseudo-Replikation hier nicht berichtet (siehe Anhang Tabelle A.23).

Tabelle 4.9: Regressionstabelle zur Analyse der Patenttransfers im Kooperationsspiel (eigene Darstellung)

		Zielvariable: Patenttransfer					
Nr.	Unabhängige Variablen	(1)		(2)		(3)	
		Exp(β)	p-Wert ¹	Exp(β)	p-Wert	Exp(β)	p-Wert
Prädikt.	1 MP (Ref.)	-	-	-	-	-	-
	2 FF	0,919 (0,410)	0,838	0,919 (0,411)	0,838	0,910 (0,435)	0,829
	3 FP	0,844 (0,413)	0,681	0,844 (0,413)	0,681	0,832 (0,438)	0,676
	4 MS	1,762 (0,405)	0,163	1,765 (0,406)	0,163	2,251 (0,429)	0,060
	5 GF	2,450 (0,410)	0,030*	2,455 (0,411)	0,030*	2,711 (0,432)	0,022*
Kontr.	6 Risikoeinstellung			0,997 (0,123)	0,981	1,163 (0,137)	0,270
	7 Treatmentposition			0,943 (0,092)	0,522	1,083 (0,100)	0,423
	8 Payoff					1,015 (0,055)	0,780
	9 Alter					0,593 (0,285)	0,068
	10 Weiblich					0,654 (0,342)	0,216
	11 Bildungsstand					0,970 (0,174)	0,864
	12 Wiwi-Studiengang					1,323 (0,401)	0,486
	13 Experimentererfahrung					1,346 (0,154)	0,054
	14 Branchenkenntnis					1,219 (0,185)	0,285
	Konstante	0,448 (2,017)	0,691	0,542 (2,136)	0,774	0,213 (1,018)	0,130
	Modell-Klasse	Logit GLMM					
	Anzahl Subjekte / Beobachtungen	50 / 250		50 / 250		48 / 240 ²	
	-2LL	1071,347		1077,233		1062,098	
	AIC (korrigiert) / BIC	1075,397 / 1082,350		1081,283 / 1088,219		1064,116 / 1067,519	
Pseudo R_m^2 / R_c^2	0,024 / 0,444		0,025 / 0,448		0,105 / 0,105		

¹ * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001² Bei der Befragung zum Bildungsstand bzw. zur Branchenkenntnis machten jeweils ein Big Pharma-Spieler keine Angabe, weshalb diese Individuen in den Modellen nicht berücksichtigt wurden.

deskriptiv beschriebenen Muster. Das GF-Design führt zu signifikant mehr Patenttransfers als das FF-, FP- und MP-Design. Ebenso zeigt das MS-Design signifikant höhere Kooperationsraten als das FF- und FP-Design, während der Unterschied zum MP-Design mit einem p-Wert von 0,060 knapp das 5 %-Signifikanzniveau verfehlt. Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse, dass die verteilten Anreizdesigns zu höheren Kooperationsraten führen als die restlichen, konzentrierten Designs. Damit werden die Hypothesen III.1 bis III.5 bestätigt, während Hypothese III.6 auf einem 6 %-Niveau unterstützend, aber nicht vollständig bestätigt wird. In ihrer Gesamtheit stützen die Befunde somit die übergeordnete These III.

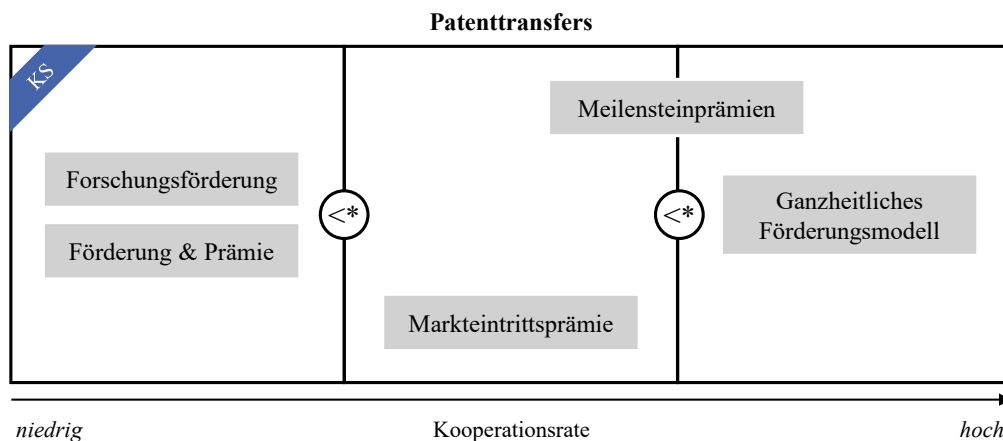


Abbildung 4.6: Paarweise Kontraste der Patenttransfers im Kooperationsspiel (eigene Darstellung)

Zur Überprüfung von Hypothese III.7 wurde ergänzend eine Regression mit dem HHI als kontinuierlichem Prädiktor der Anreizverteilung geschätzt (vgl. Tabelle 4.10). Die Ergebnisse belegen einen deutlichen negativen Zusammenhang zwischen der Konzentration der Anreize und der Kooperationswahrscheinlichkeit. Ein höherer HHI reduziert die Odds eines Patenttransfers signifikant (Modell (3): $Exp(\beta) = 0,284$; $p = 0,003$), was Hypothese III.7 bestätigt und die übergeordnete These III in ihrer Gesamtheit robust stützt.

Ergänzend zur Patenttransfer-Analyse wurde die Buy-Strategie von Big Pharma als separate Zielvariable modelliert, um Substitutionsdynamiken zwischen Make- und Buy-Entscheidung zu identifizieren (vgl. Tabelle A.20 und Tabelle A.22 im Anhang). Die Ergebnisse zeigen ein eindeutiges Muster, wonach die Forschungsförderung (FF) gegenüber allen übrigen Designs zu signifikant weniger Buy-Entscheidungen führt ($Exp(\beta) = 0,292$; $p = 0,009$ gegenüber MP), während sich GF, MS, FP und MP untereinander nicht signifikant unterscheiden. Dies lässt sich als Substitutionseffekt interpretieren: Unter der Forschungsförderung erscheint die Make-Strategie für Big Pharma-Akteure attraktiver, da das Design primär die frühen Entwicklungsphasen subventioniert und damit den Anreiz zur Eigenentwicklung stärkt – auf Kosten der Bereitschaft, extern entwickelte Wirkstoffe zu erwerben. Die Hybriddesigns GF und MS hingegen

Tabelle 4.10: Regressionstabelle zur Analyse der Patenttransfers im Kooperationsspiel mittels HHI (eigene Darstellung)

		Zielvariable: Patenttransfer						
Nr.	Unabhängige Variablen	(1)		(2)		(3)		
		Exp(β)	p-Wert ¹	Exp(β)	p-Wert	Exp(β)	p-Wert	
Prädikt.	1	HHI	0,361 (0,395)	0,011*	0,361 (0,396)	0,011*	0,284 (0,420)	0,003**
	2	Risikoeinstellung			1,003 (0,121)	0,982	1,166 (0,133)	0,250
	3	Treatmentposition					1,089 (0,096)	0,377
	4	Alter					0,592 (0,279)	0,061
	5	Weiblich					0,656 (0,339)	0,215
	6	Bildungsstand					0,977 (0,172)	0,894
	7	Wiwi-Studiengang					1,291 (0,392)	0,515
	8	Experimenterfahrung					1,332 (0,151)	0,058
	9	Branchenkenntnis					1,229 (0,180)	0,253
Konstante		1,603 (1,737)	0,786	1,582 (1,847)	0,804	0,624 (1,961)	0,810	
Modell-Klasse		Logit GLMM						
Anzahl Subjekte / Beobachtungen		50 / 250		50 / 250		48 / 240 ²		
-2LL		1066,746		1069,254		1052,498		
AIC (korrigiert) / BIC		1070,795 / 1077,773		1073,303 / 1080,272		1056,551 / 1063,374		
Pseudo R_m^2 / R_c^2		0,016 / 0,435		0,016 / 0,437		0,053 / 0,447		

¹ * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

² Bei der Befragung zum Bildungsstand bzw. zur Branchenkenntnis machten jeweils ein Big Pharma-Spieler keine Angabe, weshalb diese Individuen in den Modellen nicht berücksichtigt wurden.

erzeugen keine solche Verdrängung der Buy-Strategie, sondern kombinieren hohe Investitionsbereitschaft mit hoher Kooperationsneigung, was ihre überlegene Gesamtwirkung aus regulatorischer Perspektive unterstreicht.

Zusammenfassend zeichnet die statistische Hypothesenüberprüfung auch für das Kooperationsverhalten ein konsistentes Bild. Die verteilten Hybriddesigns GF und MS führen durchgängig und signifikant zu mehr Patenttransfers als die konzentrierteren Designs FF, FP und MP, während individuelle Merkmale der Probanden keinen substanziellen Erklärungsbeitrag leis-

ten. Als designübergreifendes Strukturmerkmal erweist sich die Zahlungskonzentration (HHI) als robuster Prädiktor der Kooperationswahrscheinlichkeit. Ein höherer HHI reduziert die Odds eines Patenttransfers signifikant, was den allgemeinen Zusammenhang zwischen Anreizverteilung und Kooperationsneigung jenseits der spezifischen Treatmentvergleiche bestätigt. Die Befunde stützen damit These III und unterstreichen, dass eine phasenübergreifende Verteilung der Anreizzahlungen entlang des Wertschöpfungsprozesses die Entstehung von Kooperationen zwischen KMU- und Big Pharma-Akteuren maßgeblich begünstigt.

4.3 Interpretation der Ergebnisse

Im Folgenden wird ein übergeordneter Blick auf die Ergebnisse der experimentellen Untersuchung und die Stützung bzw. Widerlegung der formulierten Thesen und Hypothesen vorgenommen sowie ein Zielabgleich mit den definierten Zielkriterien der Forschungsfrage durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen zunächst, dass die Kombination und zeitliche Verteilung von Anreizmechanismen über den Wertschöpfungsprozess hinweg einen großen Einfluss auf das Entscheidungsverhalten von Akteuren ausübt. Zudem wird deutlich, dass die empirischen Befunde zum Investitions- und Kooperationsverhalten unter den verschiedenen Anreizdesigns in eine eindeutige Richtung zeigen.

Tabelle 4.11: Ergebnisse der Hypothesenüberprüfung (eigene Darstellung)

Hypothesen	Thesen		
	TI: Push-Anreize führen zu mehr Investition.	TII: Verteilte Anreize führen zu mehr Investition.	TIII: Verteilte Anreize führen zu mehr Kooperation.
FF>MP	✓ ^(IS) ✓ ^(KS)		
FF>FP	✓ ^(IS) ✓ ^(KS)		
GF>MP		✓ ^(IS) ✓ ^(KS)	✓ ^(KS)
GF>FP		✓ ^(IS) ✓ ^(KS)	✓ ^(KS)
MS>MP		✓ ^(IS) ✓ ^(KS)	✗ ^(KS)
MS>FP		✓ ^(IS) ✓ ^(KS)	✓ ^(KS)
GF>FF			✓ ^(KS)
MS>FF			✓ ^(KS)
CoM	✓ ^(IS) ✓ ^(KS)		
HHI		✓ ^(IS) ✗ ^(KS)	✓ ^(KS)

MP=Markteintrittsprämie, FF=Forschungsförderung, MS=Meilensteinprämien, FP=Forschungsförderung & Markteintrittsprämie, GF=Ganzheitliches Förderungsmodell
IS=Investitionsspiel, KS=Kooperationsspiel

Ein Blick auf Tabelle 4.11, in der die formulierten Thesen den Ergebnissen der Hypothesenüberprüfung gegenübergestellt sind, verdeutlicht dabei ein klares Muster:

Erstens bestätigen die Ergebnisse der Hypothesenüberprüfungen, dass sowohl Push-Anreize (These I) als auch verteilte Anreize (These II) zu höheren Investitionsraten führen als vorwiegend markteintrittsorientierte Designs. Sowohl im Investitionsspiel als auch im Kooperationspiel zeigen die Hypothesentests durchweg, dass die Anreizdesigns der Forschungsförderung (FF), der Meilensteinprämien (MS) und des Ganzheitlichen Förderungsmodells (GF) zu signifikant mehr Investitionen und begonnenen Wirkstoffentwicklungen führen als die Markteintrittsprämie (MP) und die Kombination aus Forschungsförderung und Markteintrittsprämie (FP). Frühe und verteilte Anreize reduzieren die wahrgenommene Unsicherheit stärker als späte, volumenmäßig äquivalente Zahlungen und senken damit insbesondere die Eintrittshürde in die frühen, risikoreichen Entwicklungsphasen. Diese Befunde werden durch die Regressionsanalysen mit den kontinuierlichen Strukturmerkmalen CoM und HHI bekräftigt und erweitert: Beide Maße erweisen sich als signifikante Prädiktoren des Investitionsverhaltens und zeigen, dass die zeitliche Lage und die Konzentration von Anreizzahlungen entlang des Wertschöpfungsprozesses einen eigenständigen, treatmentunabhängigen Effekt auf die Investitionsbereitschaft ausüben. Die Wirkung von Anreizdesigns ist damit nicht allein an spezifische Treatments gebunden, sondern folgt einer strukturellen Logik, die sich über die konkrete Ausgestaltung einzelner Designs hinaus verallgemeinern lässt. Dieses Ergebnis ist letztlich auch der empirische Beleg für die in der Arbeit vorgenommene Begründung, auf der die alternativen Anreizdesigns beruhen. In Bezug auf das erste aufgestellte Zielkriterium, wonach die Zielsetzung des Forschungsvorhabens darin besteht zu ermitteln, welche Anreizdesigns die höchste Effektivität aufweisen und die Zahl neu initiiertes Antibiotikaprojekte maximieren, treten auf Ebene der einzelnen Treatments dennoch FF, MS und GF eindeutig hervor. Dabei entfalten diese drei Designs ihre Wirkung über unterschiedliche Mechanismen: Während FF primär das Risiko der Wirkstoffentwicklung mindert, koppeln MS und GF diese Wirkung mit zusätzlichen Anreizen in späteren Entwicklungsschritten.

Zweitens zeichnen die Ergebnisse des Experiments in Bezug auf das Kooperationsverhalten ein eindeutiges Bild. Fünf von sechs Hypothesentests und die Regressionsanalyse mithilfe des HHI fallen so aus, dass sich die übergeordnete These III bestätigen lässt, wonach über den Wertschöpfungsprozess verteilte Anreize (GF, MS) höhere Kooperationsraten induzieren als konzentrierte Anreizdesigns (FF, MP, FP). Während FF im Sinne des ersten Zielkriteriums effizient Investitionen auslöst, führt es im Vergleich zu GF und MS nur zu niedrigen Kooperationsraten zwischen KMU und Big Pharma. Umgekehrt gelingt es den markteintrittsorientierten Pull-Designs (MP, FP) weder, Investitionen in ausreichendem Umfang zu mobilisieren, noch eine hohe Zahl an Patenttransfers zu generieren. In Bezug auf das zweite aufgestellte Zielkriterium, dem zufolge zu ermitteln ist, welche Anreizdesigns eine effiziente Allokation entlang

des Antibiotika-Wertschöpfungsprozesses erreichen und die Zahl an Kooperationen maximieren, treten die beiden hybriden Anreizdesigns deutlich hervor. Sie verbinden hohe Investitionsneigung insbesondere auf Seiten von KMUs mit einer ausgeprägten Bereitschaft zu Patenttransfers und Arbeitsteilung mit Big Pharma.

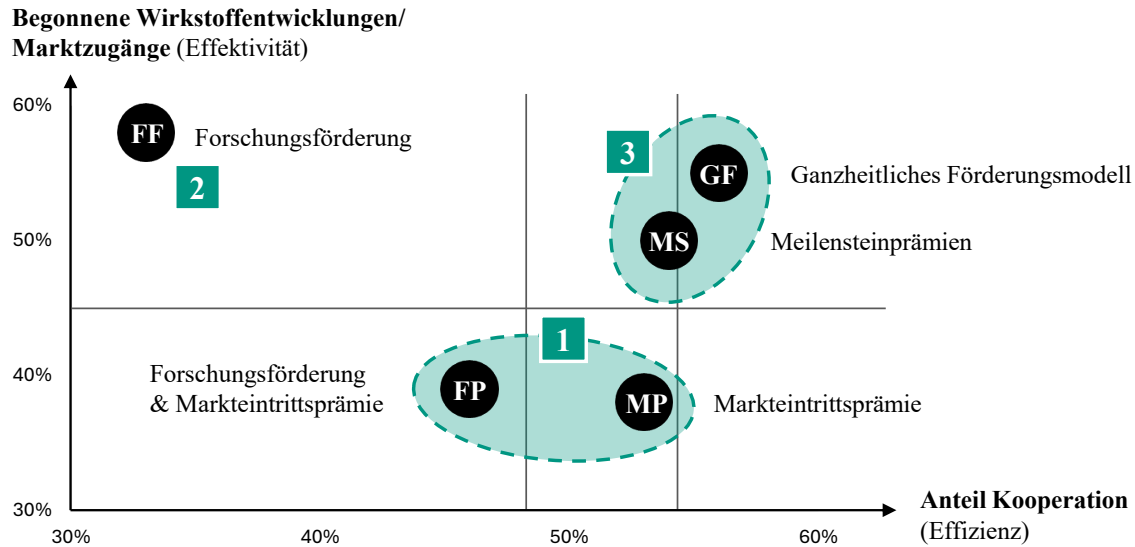


Abbildung 4.7: Konsolidierte Übersicht der Ergebnisse zum Investitions- und Kooperationsverhalten im Kooperationspiel (eigene Darstellung)

Die experimentellen Ergebnisse lassen sich damit zu einer konsistenten Gesamtaussage komprimieren, wonach sich die beiden hybriden Anreizdesigns GF und MS als kombinatorisch überlegen erweisen. Die geschätzten Treatmenteffekte wie auch die designübergreifenden Analysen mithilfe des CoM und des HHI zeigen über beide Verhaltensdimensionen hinweg ein robustes Muster, wonach die verteilten, hybriden Designs sowohl die Wahrscheinlichkeit, dass überhaupt eine Wirkstoffentwicklung begonnen wird, als auch die Wahrscheinlichkeit eines Patenttransfers zwischen KMU und Big Pharma gegenüber den anderen Designs erhöhen. Abbildung 4.7, in der die Ergebnisse des Kooperationsspiels visualisiert sind, verdeutlicht diese Aussage anschaulich⁹. In der Synthese entsteht ein Bild dreier Design-Typen, die sich hinsichtlich ihrer Wirkung auf Effektivität und Effizienz voneinander unterscheiden:

- (1) Überwiegend markteintrittsorientierte Pull-Anreize (MP, FP), die weder im Hinblick auf Investitionen noch auf Kooperation eine hohe Wirksamkeit aufweisen,

⁹ Die Abbildung folgt der bereits eingeführten Darstellungslogik: Zwei Anreizdesigns unterscheiden sich in einer Dimension signifikant auf mindestens 5 %-Niveau, wenn sie in der jeweiligen Achsendimension durch mindestens eine Linie getrennt sind. Dies gilt entsprechend sowohl für die vertikale Dimension (begonnene Wirkstoffentwicklungen/Marktzugänge) als auch für die horizontale Dimension. Für Letztere ist jedoch zu beachten, dass die Signifikanzlinien auf der x-Achse auf den statistisch überprüften Patenttransfers basieren und nicht den dargestellten Kooperationsanteilen direkt entsprechen, da ein statistischer Vergleich der Anteile je Anreizdesign methodisch nicht sauber durchführbar ist

- (2) rein forschungsfokussierte Push-Anreize (FF), die viele Projekte anstoßen, aber vergleichsweise wenig arbeitsteilige Kooperation induzieren, und
- (3) verteilte Hybridmodelle (GF, MS), die sowohl ein hohes F&E-Aktivitätsniveau als auch eine kooperative Struktur der Wertschöpfung fördern.

Aus wohlfahrtsökonomischer Perspektive sprechen diese Ergebnisse dafür, dass Anreizdesigns, die Zahlungen über den gesamten Wertschöpfungsprozess verteilen und sowohl frühe F&E-Phasen als auch spätere Entwicklungsstufen adressieren, besonders geeignet sind, um gleichzeitig die Menge neuer Projekte und die Effizienz der arbeitsteiligen Allokation zwischen KMU und Big Pharma zu steigern. Die kombinierte Betrachtung von Investitions- und Kooperationsdimension zeigt dabei, dass der zentrale Hebel der Anreizgestaltung nicht allein im Gesamtumfang der Förderung liegt, sondern auch in der Art und Weise, wie Zahlungsströme zeitlich entlang des Entwicklungsprozesses strukturiert werden.

4.4 Diskussion der Ergebnisse

Die vorliegenden Ergebnisse sind vor dem Hintergrund einer Literatur zu interpretieren, die die Anreizgestaltung im Antibiotikamarkt bislang überwiegend aus einer normativen, modellbasierten Perspektive behandelt. Der Großteil der bisherigen Arbeiten nutzt ENPV-Modelle, um aus regulatorischer Sicht jene Anreizinstrumente zu identifizieren, die die erwarteten Nettobarwerte von Entwicklungsprojekten über eine vorgegebene Investitionsschwelle heben (vgl. Ciabuschi et al., 2020; Okhravi et al., 2018; Sertkaya et al., 2014; Towse et al., 2017). Der Fokus dieser Forschungen liegt darauf, den optimalen Umfang von Anreizzahlungen zu bestimmen, unter der Annahme rationaler Unternehmen, die Projekte exakt dann beginnen oder fortsetzen, wenn der ENPV die jeweilige Schwelle überschreitet (vgl. Abschnitt 2.3.2).

Die in dieser Arbeit entwickelte ENPV-Modellierung knüpft explizit an diese Forschungsarbeiten an, indem ein phasenstrukturiertes und ENPV-basiertes Antibiotika-Fördermodell konstruiert wird, das Kosten, Erfolgswahrscheinlichkeiten und Entwicklungsdauern entlang des Wertschöpfungsprozesses abbildet und sowohl KMU als auch Big Pharma-Akteure differenziert berücksichtigt. Auf dieser Grundlage wurden fünf konkrete Anreizdesigns endogen bestimmt, die investitionsrelevante Schwellen der Akteure erfüllen und zugleich einen kooperationsfähigen Verhandlungsspielraum zwischen KMU und Big Pharma eröffnen. Die Erkenntnisse der Modellierung bestätigen die Ergebnisse der bisherigen Forschung in mehreren wesentlichen Aspekten. So zeigt sich auch im entwickelten Modell, dass der ENPV ohne gezielte Anreize im Antibiotikamarkt negativ ausfällt und es aus Sicht forschender Unternehmen keine nachvollziehbaren ökonomischen Gründe gibt, in die Antibiotikaentwicklung zu investieren (vgl. Ciabuschi et al., 2020; Sertkaya et al., 2014; Towse et al., 2017). Darüber hinaus deutet sich die

von Okhravi (2020) und Spellberg et al. (2012) beschriebene höhere Wirksamkeit beziehungsweise Kosteneffizienz früh ansetzender Förderungen gegenüber späten Marktprämien auch in der hier vorgenommenen ENPV-basierten Analyse an, wobei frühe Interventionen einen deutlich stärkeren positiven Einfluss auf den ENPV der Akteure ausüben.

Die experimentelle Untersuchung geht jedoch einen Schritt über die ENPV-Analysen hinaus. Anstatt lediglich zu simulieren, wie sich Akteure unter gegebenen Anreizdesigns verhalten sollten, wurde empirisch getestet, wie Menschen tatsächlich auf verschiedene Anreize bei näherungsweise ENPV-Äquivalenz reagieren. Die Studie kombiniert damit ein normatives ENPV-Optimierungsmodell mit einer verhaltensökonomischen Laborprüfung. Auf diese Weise wird ein bislang fehlender Brückenschlag zwischen modelltheoretischer Anreizkalibrierung und beobachtetem Investitions- und Kooperationsverhalten von Akteuren im Antibiotika-Ökosystem hergestellt.

Ein zentrales Ergebnis der experimentellen Analyse besteht darin, dass die aus dem ENPV-Modell abgeleiteten Push- und Hybrid-Designs (FF, MS, GF) die Investitionsbereitschaft der Akteure signifikant stärker erhöhen als die stärker markteintrittsorientierten Designs MP und FP. Sowohl im Investitionsspiel als auch im Kooperationsspiel führen FF, MS und GF zu wesentlich höheren Raten begonnener Wirkstoffentwicklungen über beide Akteursgruppen hinweg, während MP und FP durchgängig zurückfallen. Die Regressionsanalysen mit CoM und HHI bestätigen dieses Muster auf kontinuierlicher Ebene: Je früher der zeitliche Schwerpunkt der Anreizzahlungen liegt und je gleichmäßiger sie über den Wertschöpfungsprozess verteilt sind, desto höher fällt die Investitionsbereitschaft aus. Diese Befunde bestätigen die grundsätzliche Annahme der Literatur, dass Vorverlagerungen von Zahlungen in die frühen, risikoreichen Phasen der Entwicklung notwendige Bedingungen darstellen, um Investitionsanreize im Antibiotikamarkt überhaupt zu erzeugen (vgl. O'Neill, 2016; Okhravi et al., 2018; Towse et al., 2017).

Über diese Bestätigung der normativen Grundintuitionen hinaus zeigt die experimentelle Evidenz, dass die Art der Anreizplatzierung nicht nur für das „**Ob**“, sondern auch für das „**Wie**“ der Investition entscheidend ist. Die Ergebnisse legen nahe, dass KMUs besonders stark auf Push-Mechanismen reagieren, während Big Pharma-Akteure vor allem dann eine Buy-Strategie verfolgen, wenn Anreizprofile Zahlungen auch in den späteren klinischen Phasen und nahe am Markteintritt vorsehen (Pull-Mechanismen). Diese differenzierten Reaktionsmuster verdeutlichen, dass Investitionsentscheidungen nicht ausschließlich eine Funktion des ENPV-Niveaus sind, sondern systematisch von der Stellung der Akteure in der Wertschöpfungskette sowie ihren spezifischen Kosten- und Risikoprofilen abhängen. Die beobachteten Verhaltensunterschiede zwischen KMU und Big Pharma bestätigen damit die Forschungsergebnisse von Baraldi et al. (2016), Ciabuschi et al. (2020) und Okhravi et al. (2018), die ebenfalls auf die Notwendigkeit einer akteursadäquaten Differenzierung bei der Anreizgestaltung hinweisen.

Des Weiteren wurde im Vergleich zur bestehenden Literatur der explizite Fokus auf Kooperationen und die Marktarchitektur gelegt. Während die Literatur die Notwendigkeit von Partnerschaften und KMU-Big Pharma-Kooperationen betont (vgl. Outterson & Rex, 2020; Renwick et al., 2016), fehlt es an empirischen Erkenntnissen darüber, welche Anreizstrukturen solche Kooperationen tatsächlich begünstigen. Bisherige Arbeiten behandeln Kooperationen zwischen KMU und Big Pharma meist indirekt oder parametrisch, etwa indem Lizenzerlöse in den Cashflows berücksichtigt oder unterschiedliche Kostenprofile simuliert werden, ohne jedoch das zugrunde liegende strategische Zusammenspiel der Akteure explizit zu modellieren. Im Experiment wurden demgegenüber Patenttransfers und Verhandlungen als eigenständige Verhaltensdimension in das Untersuchungsdesign integriert. Die experimentellen Ergebnisse zeigen, dass die hybriden Designs GF und MS nicht nur hohe Investitionsraten generieren, sondern zugleich signifikant höhere Kooperationsraten hervorrufen als die restlichen Designs. Die Regressionsanalyse mit dem HHI als Prädiktor bestätigt diesen Befund designübergreifend: Eine geringere Konzentration der Anreizzahlungen geht systematisch mit höheren Patenttransferraten einher. Damit wird verhaltensbasiert nachgewiesen, dass Anreizdesigns, die Zahlungen entlang des gesamten Wertschöpfungsprozesses verteilen, eine arbeitsteilige Marktarchitektur mit KMUs als vorgelagerten Innovatoren und Big Pharma als späten Markteinführern besonders begünstigen können.

Diese Erkenntnisse ergänzen die bisherigen modeltheoretischen Überlegungen zu optimalen Anreizkombinationen um eine wohlfahrtsökonomische Dimension, wonach ein Anreizdesign nicht nur daran zu messen ist, wie viele Projekte es initiiert, sondern auch daran, ob die resultierenden Wertschöpfungsketten entlang komparativer Kostenvorteile organisiert sind. Die kombinierte Betrachtung von Investitions- und Kooperationsdimension erlaubt es, zwischen Anreizdesigns zu unterscheiden, die zwar aus ENPV-Sicht hinreichende Investitionsanreize setzen, aus systemischer Perspektive jedoch suboptimale Marktstrukturen erzeugen, und solchen Designs (GF, MS), die beide Kriterien gleichzeitig erfüllen. Dies spielt insbesondere in der Praxis eine entscheidende Rolle, da KMUs typischerweise mit finanziellen, administrativen und organisatorischen Restriktionen konfrontiert sind, welche die Durchführung später klinischer Studien, die Zulassung sowie die Produktion und Markteinführung von Medikamenten erschweren. Diese Faktoren konnten im Experimentaldesign nicht vollständig abgebildet werden, unterstreichen jedoch umso mehr die Notwendigkeit, Anreizdesigns so zu gestalten, dass sie Kooperationen zwischen KMUs und Big Pharma induzieren. Derartige Kooperationsstrukturen ermöglichen es, dass Big Pharma in späteren Entwicklungsphasen einsteigt und seine spezifischen Kompetenzen sowie institutionellen Kapazitäten für einen erfolgreichen Markteintritt einbringt.

Aus Perspektive der Mechanismus-Design-Theorie können die experimentellen Befunde als empirische Validierung bestimmter Gestaltungsprinzipien interpretiert werden. Die Dominanz der hybriden, verteilten Anreizdesigns (GF, MS) gegenüber stark fokussierten Push- oder Pull-

Mechanismen lässt sich durch ihre überlegene Fähigkeit erklären, wichtige Anreizprobleme zu adressieren. Gegenüber reinen erfolgsunabhängigen Push-Mechanismen (FF) bieten hybride Designs den Vorteil, dass sie durch ihre Meilensteinstruktur kontinuierliche Evaluations- und Kontrollpunkte schaffen und damit das Moral-Hazard-Problem eindämmen. Anstatt hohe pauschale Vorabfinanzierungen zu gewähren, bei denen Unternehmen Mittel ohne Erfolgsgarantie erhalten könnten, knüpfen meilensteinbasierte Zahlungen die Förderung an nachprüfbare Entwicklungsfortschritte und machen opportunistisches Verhalten kostspielig. Gegenüber reinen Pull-Mechanismen (MP, FP) liegt der Vorteil hybrider Designs in ihrer Fähigkeit, die Informationsasymmetrie schrittweise über den gesamten Entwicklungsprozess hinweg zu reduzieren. Während bei Markteintrittsprämien der Regulator eine hohe Endsumme bemessen muss, ohne die tatsächlichen Kosten und Erfolgswahrscheinlichkeiten der Projekte zu kennen – was zu Überförderungen bei kostengünstigen Projekten oder zu Unterförderungen bei kostenintensiven Vorhaben führen kann – ermöglichen verteilte Mechanismen eine schrittweise Informationsoffenbarung und eine genauere Kalibrierung der Gesamtförderung. Darüber hinaus begünstigen hybride Designs, wie die experimentellen Ergebnisse zeigen, arbeitsteilige Kooperationsstrukturen zwischen KMUs und Big Pharma entlang komparativer Vorteile. Diese Eigenschaft trägt zur allokativen Effizienz bei, indem Ressourcen dorthin gelenkt werden, wo sie den höchsten gesellschaftlichen Nutzen generieren. Die experimentellen Befunde deuten somit darauf hin, dass Anreizdesigns, die Zahlungen in allen Entwicklungsphasen vorsehen, besser geeignet sind, private Anreize mit gesellschaftlichen Zielen in Einklang zu bringen und mehrere Designziele gleichzeitig zu erfüllen.

4.5 Experteninterviews und Ergebnisse für das Anreizdesign

Die vorliegende Arbeit trägt maßgeblich dazu bei, die Diskussion über Anreizsysteme im Antibiotikamarkt von einer primär theoretisch-normativen auf eine empirisch-fundierte Ebene zu heben. Während bisherige Studien wichtige konzeptionelle Grundlagen gelegt haben, fehlte es an verhaltensökonomischer Evidenz über die tatsächliche Wirksamkeit differenzierter Förderdesigns. Durch die experimentelle Untersuchung der fünf theoretisch fundierten Anreizdesigns und deren Auswirkungen auf Investitions- und Kooperationsverhalten liefern die Ergebnisse dieser Studie erstmals empirische Antworten auf wichtige Fragen der Politikgestaltung. Zugleich soll die Arbeit an die Forderung von Renwick et al. (2016) anknüpfen, Anreizpakete nicht nur umfassend, sondern auch realisierbar zu gestalten. Im abschließenden methodischen Schritt dieser Arbeit werden daher die modell- und experimentbasierten Ergebnisse mit den Einschätzungen zentraler Stakeholder entlang des Antibiotika-Ökosystems verknüpft, um daraus konkrete politische Implikationen und Handlungsempfehlungen abzuleiten. Hierzu wurden (Gruppen-)Interviews mit Vertreterinnen und Vertretern aus Ministerien, Industrie, Verbänden, Wissenschaft, Behörden und internationalen Initiativen durchgeführt. Ziel war es die Ergebnisse

der Untersuchung an realen institutionellen Rahmenbedingungen zu spiegeln, Umsetzungsbarrieren zu identifizieren und einen realistischen Implementierungspfad zu skizzieren.

Ausgangspunkt der Einzel- und Gruppeninterviews war eine Präsentation der zentralen Ergebnisse der Modellierung und des Laborexperiments, insbesondere der überlegenen Wirkung der verteilten Hybriddesigns. Das methodische Vorgehen folgt dem Ansatz des *theoriegenerierenden Experteninterviews* nach Meuser und Nagel (2009), wonach Experteninterviews nicht primär der Datenerhebung im engeren Sinne dienen, sondern der kommunikativen Erschließung und analytischen Rekonstruktion des impliziten Erfahrungswissens von Akteuren, die in einem spezifischen Handlungsfeld über Entscheidungsmacht, Deutungshoheit und strukturprägende Orientierungen verfügen (vgl. Bogner et al., 2002). Experten im Sinne dieses Ansatzes sind Personen, die über ein privilegiertes Wissen bezüglich ihrer Praxis verfügen, das in dieser Form aus keiner anderen Quelle – weder aus Dokumenten noch aus Beobachtungen – erschlossen werden kann (vgl. Meuser & Nagel, 2009).

In der vorliegenden Arbeit erfüllen die Interviews eine doppelte Funktion: Einerseits dienen sie der **externen Validierung** der experimentellen Befunde, indem geprüft wird, ob die im Labor beobachteten Verhaltensmuster mit den Einschätzungen und institutionellen Erfahrungen zentraler Akteure des Antibiotika-Ökosystems plausibel übereinstimmen. Andererseits leisten sie einen eigenständigen Beitrag zur kontextuellen Einbettung der Ergebnisse, indem institutionelle Rahmenbedingungen, Umsetzungsbarrieren und politische Machbarkeitshorizonte erschlossen werden, die einem Laborexperiment nicht zugänglich sind. Die Verknüpfung beider Erkenntnisebenen folgt dem Prinzip der **Methodentriangulation** (vgl. Flick, 2011), das heißt der gezielten Kombination quantitativer und qualitativer Erhebungsverfahren, um die Validität und Reichweite der Gesamtergebnisse zu erhöhen. Im Sinne eines *explanatory sequential mixed methods design* (vgl. Creswell & Clark, 2017) bildet das Laborexperiment die primäre Erkenntnisquelle, während die Experteninterviews in einem zweiten Schritt der vertiefenden Interpretation, Kontextualisierung und institutionellen Spiegelung der quantitativen Befunde dienen.

Bewusst wurde auf den Einsatz standardisierter Fragebögen verzichtet. Dieser Entscheidung folgt der methodischen Überlegung, dass starre Erhebungsinstrumente bei hochrangigen Expertinnen und Experten die Bereitschaft zur offenen, diskursiven Auseinandersetzung einschränken und damit gerade jenes implizite Orientierungswissen verschlossen bleiben würde, das den besonderen epistemischen Wert von Experteninterviews ausmacht (vgl. Bogner et al., 2002). Die Gespräche wurden stattdessen als *fokussierte Expertendiskurse* geführt, in denen die Interviewpartner als kritische Reflektoren der präsentierten Befunde agierten. Die inhaltliche Dokumentation erfolgte durch strukturierte Gesprächsprotokolle, die unmittelbar im Anschluss an jedes Gespräch angefertigt wurden und die zentralen Argumentationslinien, institutionellen Einschätzungen sowie abweichenden Perspektiven der Gesprächspartner festhalten. Nach der Präsentation der Ergebnisse wurden offene Diskussionen zu drei Themenblöcken geführt: (1) Wahrneh-

mung und Plausibilität der verschiedenen Anreizdesigns aus Sicht der jeweiligen Institution, (2) politische und regulatorische Hürden sowie Umsetzbarkeit auf nationaler und europäischer Ebene und (3) konkrete Gestaltungsvorschläge und Prioritäten für künftige Förderarchitekturen. Tabelle 4.12 zeigt eine Übersicht der Institutionen und Rollen der Gesprächspartner.

Die Interviews bestätigen die grundsätzlichen Erkenntnisse der experimentellen Ergebnisse, machen aber zugleich deutlich, dass die politisch-institutionelle Umsetzbarkeit einzelner Instrumente einigen Herausforderungen unterliegt. Ein Großteil der Gesprächspartner sieht die Finanzierung und Budgetverantwortung als zentrale Hürde für Pull- und Hybridmodelle. Vertreterinnen und Vertreter aus Ministerien und EU-Institutionen heben hervor, dass ein ganzheitliches Modell mit Meilensteinen und Abonnement-Elementen als fachlich effizient und effektiv wahrgenommen wird und seine Umsetzung eine gemeinsame Budgetverantwortung und ein politisches Commitment aller beteiligten Mitgliedstaaten erfordert. Gerade auf EU-Ebene wird dies als politisch anspruchsvoll beschrieben, die Mitgliedstaaten zu überzeugen, Mittel für global wirksame, aber kurzfristig haushaltsbelastende Anreizsysteme bereitzustellen. O’Neill (2016) weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass Regierungen strukturell dazu tendieren, enorme Mittel zur **Reaktion** auf akute Gesundheitskrisen wie Covid, SARS, Schweinegrippe oder Ebola bereitzustellen, während vorhersehbare, aber weniger sichtbare Bedrohungen wie AMR häufig unterfinanziert bleiben, obwohl **präventive Investitionen** in wirksame Anreizsysteme im Zeitverlauf deutlich kostengünstiger wären als spätere Krisenreaktionen. Die Finanzierung und Verwaltung substanzieller Markteintrittsprämien oder Hybridmodelle müsse daher auf supranationaler Ebene mit ausreichender kritischer Masse organisiert werden, idealerweise im Rahmen einer politischen Vereinbarung zwischen G20-Staaten, um Lastenteilung, Zugang und Stewardship zu sichern (O’Neill, 2016). Regulatorische Instrumente wie der Marktexklusivitäts-Voucher werden vor diesem Hintergrund in den Interviews als vermutlich am wenigsten effektiv, aber am ehesten umsetzbar betont, da sie im Rahmen der regulatorischen Kompetenzen der EU Kommission realisierbar sind, ohne unmittelbare Verhandlungen über haushaltswirksame Zahlungsströme in allen Mitgliedstaaten auszulösen. Zugleich wird jedoch – in Übereinstimmung mit der Kritik an Voucher-Systemen bei O’Neill (2016) und Kozak und Larsen (2018) – darauf hingewiesen, dass Gutscheine die Kosten auf eine willkürliche Gruppe von Kostenträgern und Patienten verlagern und für das Gesundheitssystem langfristig teurer sein können als äquivalente, entkoppelte Markteintrittsprämien.

Auf nationaler Ebene verweisen Gesprächspartner aus Ministerien und Verbänden auf die spezifische Struktur des deutschen Gesundheitssystems. Die Gesetzliche Krankenversicherung (GKV) fungiert de facto als einziger großer Nachfrager, ist aber in zahlreiche einzelne Kassen fragmentiert, die jeweils eigene Preis- und Rabattverhandlungen führen. Modelle, die stark auf Marktpreis- oder Mengeneffekte setzen, stoßen hier auf begrenzte Akzeptanz und ein

Tabelle 4.12: Übersicht der Interviewinstitutionen und Rollen (eigene Darstellung)

Institution	Systemebene	Rolle(n) der Gesprächspartner
Europäische Kommission	Behörden und Ministerien	Politische Assistenz im Kabinett Health and Animal Welfare
Bundesgesundheitsministerium (BMG)	Behörden und Ministerien	Koordination der deutschen Antibiotikaresistenzstrategie DART 2030
Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM)	Behörden und Ministerien	Klinisches Assessment für die Zulassung von Antibiotika
Bayer	Big Pharma	Senior Finance Business Partner
GSK	Big Pharma	Senior Medical Affairs Management Pipeline Anti-Infectives, Junior Government Affairs Management
Merck Co.	Big Pharma	Director Medical Affairs Infectious Diseases and Immunology
Hypharm	KMU	Geschäftsführung
Arvalus Therapeutics	KMU	Programmmanagement Finanzierung
Pharma Deutschland	Branchen- und Industrieverbände	Stellvertretende Hauptgeschäftsführung
Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie (BPI)	Branchen- und Industrieverbände	Geschäftsfeldleitung Klinische Forschung, Geschäftsfeldleitung Sozialrecht, Geschäftsfeldleitung Innovation und Forschung / Biotechnologie, Geschäftsfeldleitung Gesundheitspolitik, Geschäftsfeldleitung Arzneimittelzulassung, Assistenz Europapolitik / Gesundheitspolitik
Verband Forschender Arzneimittelhersteller (vfa)	Branchen- und Industrieverbände	Senior Management Internationales
Global AMR R&D Hub	Initiativen und Netzwerke	Deputy Director
Deutsches Netzwerk gegen Antimikrobielle Resistenzen (DNAMR)	Initiativen und Netzwerke	Direktion des Instituts für Med. Mikrobiologie, Immunologie und Parasitologie an der Uniklinik
CARB-X / INCATE	Initiativen und Netzwerke	Projektmanagement
Paul-Ehrlich-Gesellschaft für Infektionstherapie	Fachgesellschaften	Managing Director
Nationales Referenzzentrum (NRZ) für gramnegative Krankenhauserreger	Fachgesellschaften	Stellvertretende Leitung
Deutsches Zentrum für Infektionsforschung (DZIF)	Fachgesellschaften	Geschäftsführung
Deutsche Gesellschaft für Pädiatrische Infektiologie	Fachgesellschaften	Vorstandsvorsitz
Robert-Koch-Institut (RKI)	Fachgesellschaften	Forschung Antibiotikaresistenzen

Abo-Modell nach britischem Vorbild wird aus dieser Perspektive als schwer kompatibel mit den bestehenden Verhandlungs- und Budgetmechanismen eingeschätzt.

Vertreter von forschenden Unternehmen und Industrieverbänden betonen, dass Investitionsentscheidungen in Antibiotika stets in die unternehmensweite Pipeline-Planung eingebettet sind. Entscheidend ist nicht nur der langfristig erwartete ENPV, sondern auch, ob „Upside-Opportunitäten“ noch innerhalb der Patentlaufzeit realistisch erscheinen und ob Fixkosten der Produktion sowie laufende Herstellungskosten verlässlich gedeckt werden. Aus Big Pharma-Sicht müssen zumindest Produktionskosten plus eine angemessene Marge abgesichert sein. Darüber hinaus sind klare langfristige regulatorische Signale nötig, um zu zeigen, dass sich das Engagement in einen volumenbegrenzt nachgefragten Antibiotikamarkt strategisch lohnen wird. Des Weiteren bestätigen die Interviews die Notwendigkeit einer arbeitsteiligen Marktstruktur, wonach frühphasige Innovation überwiegend von KMUs getragen werden sollte, während Vertrieb und globale Markteinführung ohne große Pharmaunternehmen kaum realisierbar sind. Ciabuschi et al. (2020) kommen in ihrem modellbasierten Ansatz zu einem ähnlichen Schluss: KMUs lassen sich mit gegebenen Mitteln in frühen Forschungsphasen vergleichsweise leichter und kostengünstiger zu Antibiotika-F&E motivieren, während große Pharmaunternehmen zwar deutlich schwerer zu beeinflussen sind, aber den Schlüssel zur globalen Distribution neuer Wirkstoffe halten. Effektive Anreizsysteme müssen daher sowohl den Adressaten (KMU vs. Big Pharma) als auch die adressierte F&E-Phase berücksichtigen, um mit begrenzten Mitteln möglichst große Anzeizeffekte zu erzielen (Ciabuschi et al., 2020). Vertreterinnen und Vertreter von KMUs berichten in den Interviews zugleich von erheblichen Hürden beim Aufbau von Kontakten zu großen Unternehmen und betonen den Bedarf an institutionalisierter „Matchmaking“-Infrastruktur, was mit den Befunden von Årdal, Baraldi et al. (2018) übereinstimmt. Diese Erwartung korrespondiert mit den experimentellen Befunden zu höheren Kooperationsraten unter hybriden Designs und unterstreicht die Notwendigkeit, Anreizsysteme explizit kooperationsfördernd auszugestalten.

Vor dem Hintergrund der Modell- und Experimentergebnisse sowie der Stakeholder-Perspektiven lassen sich mehrere prioritäre Handlungslinien für Politik und Regulierung ableiten. Die experimentellen Ergebnisse zeigen, dass verteilte Hybridmodelle sowohl Investitions- als auch Kooperationsraten signifikant stärker erhöhen als vorwiegend markteintrittsorientierte Pull-Designs. Die Interviews bestätigen, dass aus Sicht von Industrie, Verbänden und Regulatoren eine Kombination aus frühphasiger Forschungsförderung, phasenbezogenen Meilensteinen und einer planbaren Marktvergütung als effektivste Methode zur Überwindung des Marktversagens im Antibiotikamarkt wahrgenommen werden. Die politische Empfehlung lautet daher die Struktur eines ganzheitlichen Förderungsmodells als Leitbild für das Design einer Anreizarchitektur zu verankern:

- In den frühen, risikoreichen Phasen sollten Zuschüsse und kostendeckende Forschungsförderinstrumente das Eintrittsrisiko insbesondere für KMUs substanziell reduzieren.
- In den klinischen Entwicklungsstufen sollten streng an den Projektfortschritt gekoppelte Meilensteinzahlungen implementiert werden, die hinreichend attraktiv sind, um die Fortführung der Entwicklung zu incentivieren, ohne eine frühzeitige Vollfinanzierung zu bewirken.
- Für die Marktphase bedarf es einer planbaren, volumenentkoppelten Vergütung, die die Produktion und Bereitstellung neuer Antibiotika wirtschaftlich ermöglicht.

Ein konkreter Umsetzungsvorschlag, der diese Anforderungen erfüllt, ist ein transparentes, ausschreibungsbasiertes Förderprogramm, das Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette nach AMR-relevanten Kriterien belohnt in Kombination mit einem supranationalen Abo-Modell. Derzeit existieren über 50 verschiedene nationale und internationale AMR-Initiativen, was zu ineffizienten Doppelungen von Ressourcen, inkonsistenten Bewertungsstandards, einem übermäßigen Fokus auf frühe Forschungsförderung, fehlender Koordination zwischen Programmen sowie administrativen Mehrbelastungen für Unternehmen führt (vgl. Årdal, Findlay et al., 2018; Simpkin et al., 2017). Ein integriertes, ausschreibungsbasiertes Förderprogramm kann diese Fragmentierung überwinden, indem es sich in bestehende Strukturen und Ausschreibungsportale (z.B. Tenders Portal der EU-Kommission oder Förderdatenbank des Bundes) einfügt und damit geringen administrativen Overhead erzeugt.

Die Architektur eines solchen Programms könnte so aussehen, dass für jede Entwicklungsphase eine dedizierte Ausschreibung aufgelegt wird, die entweder Push-Grants zur Kostendeckung oder Meilensteinprämien zur Belohnung erfolgreicher Phasenabschlüsse vorsieht. Auszahlungen sollten dabei nach Prüfung der eingereichten Studiendaten durch ein unabhängiges Expertenkomitee erfolgen, das aus klinischen, mikrobiologischen und pharmakonomischen Fachleuten besteht und die Qualität, Neuartigkeit und AMR-Relevanz der vorgelegten Evidenz bewertet. Um die unterschiedliche gesellschaftliche Dringlichkeit verschiedener Wirkstoffe abzubilden, sollten variable Fördersätze nach Neuartigkeit der Wirkweise und WHO-Prioritätspathogenen implementiert werden – beispielsweise 120 %, 100 % oder 80 % des jeweiligen Basissatzes je nach Prioritätsstufe, ergänzt durch Bonuszahlungen für neuartige Wirkmechanismen oder biofilmaktive Substanzen. Diese Differenzierung greift die Idee punktbasierter Bewertungssysteme von Rex und Outterson (2016) auf und stellt sicher, dass knappe öffentliche Mittel dort eingesetzt werden, wo der medizinische und gesellschaftliche Nutzen am größten ist.

Ein solches ausschreibungsbasiertes Modell würde die Finanzierungslücken entlang der gesamten Wertschöpfungskette schließen und Push- sowie Pull-Mechanismen in einem integrierten

Rahmen verbinden. Durch Nutzung bestehender Infrastrukturen und digitaler Portale würde die administrative Belastung für antragstellende Unternehmen und nationale Behörden gesenkt und Transparenz sowie Planungssicherheit erhöht werden. Des Weiteren ist eine flexible Anpassung der Förderhöhen an neue wissenschaftliche Erkenntnisse oder veränderte Resistenzlagen möglich, ohne dass die Gesamtstruktur des Programms grundlegend neu verhandelt werden muss.

Insgesamt zeigen die Interviews, dass die in dieser Arbeit identifizierten verteilten Hybridmodelle nicht nur unter Laborbedingungen überlegen abschneiden, sondern auch aus Sicht zentraler Akteure des Antibiotika- und AMR-Ökosystems als fachlich sinnvolle Zielperspektive wahrgenommen werden. Die Literatur unterstreicht zugleich, dass ein solches Anreizpaket nicht nur umfassend, sondern auch pragmatisch ausgestaltet sein muss, um angesichts begrenzter finanzieller und administrativer Ressourcen realisierbar zu bleiben (Anderson et al., 2024; O’Neill, 2016; Renwick et al., 2016). Das hier vorgeschlagene ausschreibungsbasierte Förderprogramm bietet einen konkreten Umsetzungspfad, der die experimentell bestätigte Wirkungslogik verteilter Anreize mit den praktischen Anforderungen an Transparenz, administrative Handhabbarkeit und politische Durchsetzbarkeit verbindet. Vor diesem Hintergrund lassen sich die vorgeschlagenen Hybridmodelle und ihre konkrete Operationalisierung über phasenspezifische Ausschreibungen als komplementärer Baustein in einer breiteren, global koordinierten AMR-Strategie verstehen, die präventive Investitionen in Innovation und verantwortlichen Einsatz von Antibiotika gegenüber der kostspieligen Reaktion auf zukünftige Krisen priorisiert.

5 Abschließende Überlegungen und Ausblick

Der abschließende Teil der Arbeit fasst die gewonnenen Erkenntnisse zusammen, reflektiert kritisch die methodische Herangehensweise und das Forschungsdesign und gibt einen Ausblick auf weiterführende Forschungsperspektiven. Kapitel 5.1 bündelt die zentralen Ergebnisse der Untersuchung und gleicht diese mit den zu Beginn der Arbeit formulierten Zielen und der Forschungsfrage ab. Kapitel 5.2 schließt mit einer kritischen Würdigung des gewählten Forschungsansatzes, diskutiert dessen Limitationen und zeigt Ansatzpunkte für zukünftige Forschungsvorhaben auf, die an die in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse anknüpfen können.

5.1 Zusammenfassung der zentralen Erkenntnisse und Zielabgleich

Antibiotikaresistenzen stellen eine der größten gesundheitspolitischen Herausforderungen unserer Zeit dar. Gleichzeitig sind nur wenige und bei weitem nicht ausreichende Maßnahmen zu ihrer nachhaltigen Bekämpfung zu beobachten. De facto ist der Antibiotikamarkt von einem fundamentalen Marktversagen geprägt, das sich insbesondere in der unzureichenden Attraktivität und Rentabilität neuartiger Antibiotika aus Sicht forschender Unternehmen manifestiert. Wissenschaftlicher Konsens besteht darin, dass gezielte Anreizmechanismen etabliert werden müssen, um Marktakteure zu Investitionen in die Antibiotikaentwicklung zu bewegen. Über die Form und Ausgestaltung von Anreizmechanismen besteht jedoch erhebliche Unklarheit, da vergleichbare Problemstellungen in der Praxis selten auftreten und der Antibiotikamarkt zudem von besonderen strukturellen Charakteristika geprägt ist.

In der bisherigen Literatur wurden im Wesentlichen zwei Forschungsansätze in Bezug auf die Entwicklung und Bewertung von Anreizmechanismen verfolgt: empirisch-basierte Befragungs- und Erhebungsansätze sowie normativ-rationale Modellierungsansätze. Während erstere darauf abzielen, durch Gespräche mit zentralen Akteuren und Stakeholdern des Antibiotika-Ökosystems sowie durch Umfragen Herausforderungen und Barrieren zu identifizieren, hat sich mit den ENPV-basierten Modellierungsansätzen ein umfangreicher Forschungszweig etabliert. Diese Ansätze versuchen, den Antibiotikamarkt innerhalb von Entscheidungsmodellen abzubilden, wobei der ENPV als zentrales Entscheidungskriterium fungiert. Ziel ist es zu bestimmen, welche Anreizinstrumente zu welchem Zeitpunkt und in welcher Höhe ansetzen müssen, damit der ENPV aus Sicht der Akteure eine bestimmte Investitionsschwelle erreicht und der Markt

wieder rentabel wird. Dieser normativ-theoretische Ansatz hat mehrere rechnerisch optimale Anreizstrukturen hervorgebracht, deren praktische Effektivität jedoch bis dato nicht empirisch nachgewiesen werden konnte.

Das Forschungsvorhaben dieser Arbeit hat sich darauf aufbauend zum Ziel gesetzt, eine verhaltensökonomisch-experimentelle Perspektive in den wissenschaftlichen Diskurs einzubringen, die bislang kaum verfolgt wurde. Die zentrale Forschungsfrage lautete: *Wie beeinflusst die Ausgestaltung unterschiedlicher Anreizmechanismen das Investitions- und Kooperationsverhalten von KMUs und großen Pharmaunternehmen, und welche Anreizdesigns erweisen sich im Hinblick auf Effektivität, wohlfahrtsökonomische Effizienz und Kosteneffizienz als besonders wirkungsvoll?* Damit sollten die theoretisch fundierten Ergebnisse der bisherigen Forschung um eine verhaltensbasierte Perspektive realer menschlicher Entscheidungsprozesse ergänzt und dadurch zusätzliche Erkenntnisse gewonnen werden. Dies erfolgte unter zuvor klar definierten Zielkriterien: maximale Effektivität (Maximierung neu initiiertes Antibiotikaprojekte), wohlfahrtsökonomische Effizienz (effiziente Allokation entlang der Wertschöpfungskette) sowie Kosteneffizienz aus regulatorischer Perspektive.

Nach einer ausführlichen Literaturanalyse wurde ein eigenes Antibiotika-Fördermodell entwickelt, das den Antibiotikamarkt sowie die Entscheidungssituation der Marktakteure (KMU, Big Pharma) in seinen wesentlichen Aspekten (Phasenstruktur, Kosten, Risiken, Erlöse, Dauern, etc.) abbildet. Auf dieser Grundlage wurden fünf fundierte Anreizdesigns entwickelt: Forschungsförderung (FF), Markteintrittsprämie (MP), Kombination aus Forschungsförderung und Markteintrittsprämie (FP), Meilensteinprämien (MS) sowie ein ganzheitliches Fördermodell (GF). Die Anreizdesigns unterscheiden sich gemäß den zuvor definierten Anforderungen nicht hinsichtlich der regulatorischen Kosten, jedoch hinsichtlich der zeitlichen Verteilung und Höhe der Zahlungen entlang des Wertschöpfungsprozesses. Bereits die modellbasierten Analysen der identifizierten Anreizdesigns konnten zentrale Erkenntnisse bestätigen, die mit den Ergebnissen der bisherigen Forschung übereinstimmen: die negative Rentabilität des Antibiotikamarktes ohne gezielte Anreize sowie die höhere Kosteneffizienz von Push-Mechanismen gegenüber Pull-Mechanismen.

Die fünf identifizierten Anreizdesigns wurden schließlich einer verhaltensökonomischen Laborprüfung unterzogen. Hierzu wurden klare Rahmenbedingungen und Anforderungen an das Experimentaldesign definiert und dieses anschließend unter bestmöglicher Balance zwischen interner und externer Validität entwickelt. Als Ergebnis entstanden zwei Spiele: das Investitionsspiel und das Kooperationspiel mit jeweiligem Fokus auf Investitions- beziehungsweise Kooperationsanalysen. Die Durchführung erfolgte mittels Implementierung von KMU- und Big Pharma-Rollen im Experiment, wobei die getätigten Handlungen in Abhängigkeit vom jeweiligen Anreizdesign systematisch analysiert wurden. Die Datenerhebung umfasste zehn Experi-

mentsessions mit insgesamt 100 Probanden, wobei jede Versuchsperson alle fünf Anreizdesigns in randomisierter Reihenfolge durchlief.

Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchung zeigen in Bezug auf das Investitionsverhalten ein eindeutiges Muster. Sowohl im Investitionsspiel als auch im Kooperationsspiel wurde These I bestätigt, wonach Push-Anreize zu mehr Investition führen. Die Forschungsförderung (FF) führte zu signifikant höheren Investitionsraten als markteintrittsorientierte Designs (MP, FP). Dieser Befund ist insbesondere bei KMUs ausgeprägt, die besonders stark auf die Forschungsförderung reagierten. Ebenso wurde These II bestätigt, wonach verteilte Anreize zu mehr Investition führen. Die phasenübergreifenden Anreizdesigns Meilensteinprämien (MS) und das Ganzheitliche Förderungsmodell (GF) führten zu signifikant höheren Investitionsraten als markteintrittsorientierte Designs (MP, FP).

In Bezug auf das Kooperationsverhalten zeichnen die Ergebnisse des Experiments ein ebenso eindeutiges Bild. These III wurde weitgehend bestätigt: Phasenübergreifende Designs (MS, GF) führten zu signifikant höheren Kooperationsraten als konzentriertere Designs (FF, MP, FP). Fünf von sechs Hypothesentests sowie die Regressionsanalyse mithilfe des Herfindahl-Hirschman-Index (HHI), der die Verteiltheit der Anreize entlang des Wertschöpfungsprozesses quantifiziert, fielen so aus, dass sich die übergeordnete These III stützen lässt. GF und MS schaffen dabei eine Schnittmenge passender Strategiekombinationen: KMUs investieren aufgrund früher Förderung, während Big Pharma aufgrund attraktiver Zahlungen in späten Phasen eine Buy-Strategie verfolgt. Eine Erkenntnis besteht darin, dass FF zwar hohe Investitionsraten induziert, aber niedrige Kooperationsraten aufweist und damit aus wohlfahrtsökonomischer Sicht suboptimal ist – ein Befund, der sich auch in der Praxis widerspiegelt. Umgekehrt erreichen MP und FP weder hohe Investitions- noch Kooperationsraten. MS und GF hingegen erfüllen beide Ziele gleichzeitig und erweisen sich als kombinatorisch überlegen.

Der Zielabgleich mit den drei aufgestellten Zielkriterien verdeutlicht die überlegene Wirksamkeit der hybriden Anreizdesigns. In Bezug auf das erste Kriterium – maximale Effektivität durch Maximierung neu initiiertter Projekte – erwiesen sich FF, MS und GF als die wirksamsten Designs. Alle drei übertreffen markteintrittsorientierte Designs signifikant. Hinsichtlich des zweiten Kriteriums – wohlfahrtsökonomische Effizienz durch Maximierung von Kooperationen – zeigen MS und GF eine Überlegenheit gegenüber FF, MP und FP. Sie fördern eine effiziente Allokation entlang der Wertschöpfungskette, bei der KMUs die frühen Phasen entwickeln und Big Pharma die späten Phasen übernimmt. Das dritte Kriterium – Kosteneffizienz aus regulatorischer Perspektive – wurde durch die Konstruktion des Antibiotika-Fördermodells bereits bei der Designentwicklung sichergestellt, sodass alle untersuchten Designs auf Kosteneffizienz optimiert wurden.

Die Arbeit leistet einen relevanten Beitrag zur Schließung der identifizierten Forschungslücke. Sie stellt eine experimentelle Untersuchung der Wirkung unterschiedlicher Anreizdesigns im

Antibiotikamarkt dar und schlägt damit eine Brücke zwischen normativ-rationaler Modellierung und beobachtetem Verhalten. Die experimentelle Evidenz zeigt, dass Menschen nicht nur auf das ENPV-Niveau reagieren, sondern auch auf die zeitliche Verteilung und Struktur von Anreizen. Die differenzierte Akteursanalyse belegt weiterhin, dass KMUs und Big Pharma unterschiedliche Anreize benötigen und unterschiedlich auf dieselben Anreizdesigns reagieren. Die Kooperationsperspektive stellt zudem eine empirische Untersuchung von Kooperationsverhalten unter verschiedenen Anreizdesigns dar und zeigt, dass die Gestaltung von Anreizen nicht nur die Investitionsentscheidung, sondern auch die Marktarchitektur und die arbeitsteilige Wertschöpfung maßgeblich beeinflusst.

Hinsichtlich politischer Implikationen deutet die experimentelle Evidenz auf die Überlegenheit phasenübergreifender Hybridmodelle hin, die Zahlungen entlang des gesamten Wertschöpfungsprozesses verteilen. Diese Einschätzung wird durch die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Expertendiskurse mit Vertreterinnen und Vertretern aus Ministerien, Pharmaindustrie, Verbänden, Zulassungsbehörden, internationalen Initiativen und wissenschaftlichen Fachgesellschaften konsistent bestätigt. Aus Sicht der befragten Akteure werden kombinierte Push-Pull-Architekturen mit phasenbezogenen Meilensteinen als fachlich effektivste Methode zur Überwindung des Marktversagens im Antibiotikamarkt wahrgenommen. Zugleich machen die Interviews deutlich, dass politische Durchsetzbarkeit und institutionelle Rahmenbedingungen entscheidende Restriktionen darstellen, die bei der Ausgestaltung konkreter Förderinstrumente berücksichtigt werden müssen. Ein konkreter Umsetzungsvorschlag besteht in einer ausschreibungsbasierten Implementierung durch dedizierte Ausschreibungen für jede Entwicklungsphase, die an nachprüfbare Meilensteinerreichung gekoppelt sind. Die Integration in bestehende Förderstrukturen würde Fragmentierung vermeiden und Transaktionskosten senken. Schließlich ist internationale Koordination unabdingbar, da Antibiotikaresistenzen ein globales Problem darstellen und national begrenzte Anreizmechanismen nicht ausreichen, um die erforderlichen Investitionsvolumina zu mobilisieren – eine Einschätzung, die von den interviewten Vertreterinnen und Vertretern supranationaler Institutionen und internationaler Initiativen ausdrücklich geteilt wird.

5.2 Kritische Reflexion und Ausblick auf zukünftige Forschung

Die vorliegende Arbeit liefert wichtige Erkenntnisse zur Wirkung differenzierter Anreizdesigns auf Investitions- und Kooperationsverhalten im Antibiotikamarkt und trägt dazu bei, die bislang primär modelltheoretisch geführte Debatte um experimentell-validierte Evidenz zu erweitern. Trotz der aufgezeigten Beiträge unterliegt die Arbeit mehreren Einschränkungen, die bei der Interpretation und Generalisierung der Ergebnisse zu berücksichtigen sind und zugleich Ansatzpunkte für weiterführende Forschung markieren.

Erstens basiert das Experiment auf einer vereinfachten, abstrahierten Darstellung des Antibiotika-Wertschöpfungsprozesses. Zwar orientiert sich die Modellierung an empirisch fundierten Parametern zu Kosten, Erfolgswahrscheinlichkeiten und Entwicklungsdauern aus der Literatur, dennoch bleiben diese Werte notwendigerweise Schätzungen, die in der Praxis individuell vom spezifischen Wirkstoff, vom Unternehmen, von regulatorischen Gegebenheiten und zahlreichen weiteren Faktoren abhängen. Das Experiment kann hier weder die gesamte regulatorische Komplexität noch die Vielfalt realer Vertragsformen vollständig abbilden. Zudem bilden sowohl das Antibiotika-Fördermodell als auch das Experiment einen stilisierten Markt mit zwei Akteurstypen (KMU, Big Pharma) ab und abstrahieren von weiteren Komplexitäten des realen Antibiotikamarkts wie dem Wettbewerb zwischen mehreren KMUs um dieselben Targets oder dynamischen Portfolioentscheidungen innerhalb diversifizierter Pharmaunternehmen. Die experimentelle Entscheidungssituation reduziert damit die tatsächliche Komplexität unternehmerischer Investitionsentscheidungen notwendigerweise, um die kausale Wirkung der Anreizdesigns isoliert identifizieren zu können. Eine Erweiterung des Modells um zusätzliche Akteure, parallele Projekte und Wettbewerbsdynamiken wäre ein vielversprechender Ansatz für zukünftige Forschung, um die Robustheit der Befunde unter komplexeren realistischeren Marktbedingungen zu prüfen.

Zweitens basiert die Forschung auf einem Laborexperiment mit Studierenden als Probanden. Zwar wurden realistische ENPV-Parameter verwendet und das experimentelle Design so gestaltet, dass es zentrale ökonomische Entscheidungsfaktoren abbildet, dennoch bleiben Fragen zur Übertragbarkeit auf reale Entscheidungsträger in der Pharmaindustrie offen. Obwohl beispielsweise die Verhaltensmuster der KMU-Spieler die empirisch beobachtete Dominanz kleinerer Unternehmen in der realen Antibiotikaforschung bemerkenswert gut widerspiegeln, kann nicht ausgeschlossen werden, dass professionelle Entscheidungsträger mit spezifischer Branchenexpertise, langjähriger Erfahrung in F&E-Management und Zugang zu internen Informationen in einzelnen Aspekten anders reagieren würden. Insbesondere könnten Brancheninsider die Glaubwürdigkeit langfristiger politischer Zusagen anders bewerten oder aufgrund bereits existierender Netzwerke unterschiedliche Kooperationsstrategien verfolgen. Zukünftige Studien könnten Feldexperimente mit tatsächlichen Managern, Investoren und Entscheidungsträgern in Unternehmen durchführen, um die Robustheit der hier identifizierten Muster zu validieren und mögliche Abweichungen zu erfassen. Auch die Einbindung von Stakeholdern aus Zulassungsbehörden, Kostenträgern und klinischen Netzwerken könnte wertvolle Einsichten in die Wirksamkeit und Akzeptanz verschiedener Anreizdesigns aus komplementären Perspektiven liefern.

Drittens erfasst das Experiment Entscheidungen in einer begrenzten Zeitspanne und ohne wiederholte Interaktion, Anpassung von Erwartungen oder Aufbau von Reputation. Langfristige Lern- und Reputationseffekte, adaptive Erwartungen gegenüber der Politikgestaltung und stra-

teigische Reaktionen auf sich verändernde globale Regulierungsregime werden nicht abgebildet. Vor dem Hintergrund der aktuellen Diskussion um internationale Koordinationsmechanismen für Antibiotika-Anreize – etwa im Rahmen der EU-Pharmareform – erscheint eine Übertragung der hier gewonnenen Einsichten in dynamische, mehrperiodige Modelle ein vielversprechender Ansatz für zukünftige Forschung. Längsschnittstudien oder wiederholte Experimente könnten diese Lücke schließen, indem sie Akteure über mehrere Runden hinweg entscheiden lassen, Anreizmechanismen adaptiv anpassen und die Wirkung von Politikglaubwürdigkeit und institutionellem Vertrauen auf langfristige Investitionsbereitschaft explizit untersuchen.

Trotz dieser Limitationen liefert die Arbeit einen substanziellen Beitrag zur Beantwortung der Forschungsfrage, indem sie zeigt, dass die in ENPV-Modellen identifizierten optimalen Anreizprofile nicht nur mathematisch optimal, sondern auch verhaltensökonomisch wirksam sein müssen, um das Marktversagen im Antibiotikabereich tatsächlich zu überwinden. Zugleich verdeutlichen die Befunde, dass eine gezielte Ausgestaltung der Anreizmechanismen entlang des Wertschöpfungsprozesses einen vielversprechenden Ansatzpunkt darstellt, diesem Marktversagen wirksam zu begegnen. Die Kombination aus modelltheoretischer Fundierung, experimenteller Überprüfung und Stakeholder-Dialogen eröffnet damit einen ergiebigen Forschungsstrang, der normative Optimierungsmodelle und empirische Evidenz zu einem integrierten Verständnis wirksamer Anreizsysteme im Antibiotikamarkt zusammenführt.

A Appendix

A.1 AMR-Initiativen und Kooperationen

Tabelle A.1: Übersicht ausgewählter Kooperationen in der Antibiotikaentwicklung (eigene Darstellung, Quellen: siehe Tabelle)

Beteiligte Akteure	Kurzbeschreibung der Zusammenarbeit
Pfizer und Medarex	Allianz zur Entwicklung von bis zu 50 Antikörpermedikamenten unter Nutzung der UltiMab-Technologie. Pfizer übernahm Entwicklung und Vermarktung, Medarex erhielt Erfolgzahlungen bis zu 400 Mio. USD (vgl. Medarex, 2007).
MorphoSys und GPC Biotech	Kooperation zur Nutzung der HuCAL-Antikörperbibliothek für neue Therapeutika gegen Autoimmunerkrankungen. GPC Biotech erhielt Entwicklungsrechte, MorphoSys Meilenstein- und Lizenzzahlungen (vgl. Zentes et al., 2003, S. 1111 ff.).
AiCuris und Lysando	Entwicklung neuer antimikrobieller Wirkstoffe auf Basis der Artilysin-Technologie mit Fokus auf tropische Anwendungen gegen resistente Wundinfektionen (vgl. FirstWord Pharma, 2021).
Pattern Bioscience und Illumina Ventures	Zusammenarbeit zur Entwicklung schneller Diagnostikverfahren für präzisere Antibiotikatherapien mittels Digital Culture™-Technologie. Finanzierung über Eigenmittel und Risikokapital (vgl. Fieleke, 2020).
Eli Lilly und Cubist Pharmaceuticals	Cubist übernahm Daptomycin von Eli Lilly, führte die Entwicklung zur Zulassung und zahlt Lizenzgebühren an Lilly (vgl. SEC, 2011).
Roche und Basilea Pharmaceuticals	Basilea entstand durch Ausgliederung der Roche-Antibiotikasperte. Hauptprodukt ist ein Anti-Losporin mit FDA-Fast-Track-Status; zusätzlich Entwicklung zweier weiterer β -Lactam-Wirkstoffe (vgl. Boggs & Miller, 2004).
Bayer und Paratek Pharmaceuticals	Kooperation zur Entwicklung des antibakteriellen Wirkstoffs PTK 0796. Bayer erhielt globale Lizenzrechte, Paratek ist an US-Gewinnen und Lizenzzahlungen beteiligt (vgl. Boggs & Miller, 2004; Infection Control Today, 2003).
Novartis und Enanta Pharmaceuticals	Zusammenarbeit zur Entwicklung neuer Antiinfektiva, darunter der Hepatitis-C-Inhibitor EDP-239. Enanta erhält bis zu 440 Mio. USD an Zahlungen und Lizenzen (vgl. Enanta Pharmaceuticals, o. D.).
Merck und Cubist Pharmaceuticals	Übernahme von Cubist durch Merck zur Stärkung von Mercks Antibiotikaportfolio und Förderung von Innovationen gegen Resistenzen (vgl. Merck, 2014).
Evotec, Boehringer Ingelheim und bioMérieux	Gründung des Joint Ventures Aurobac zur Entwicklung neuer antimikrobieller Wirkstoffe. Boehringer finanziert Großteil der 40 Mio. EUR (vgl. Evotec, 2022).
AstraZeneca und Pfizer	AstraZenecas Verkauf der Entwicklungsrechte an Pfizers Antibiotika-Portfolio in späten Phasen. AstraZeneca erhält 725 Mio. USD Vorauszahlung plus Meilensteine (vgl. AstraZeneca, 2016).

Tabelle A.2: Übersicht ausgewählter AMR-Initiativen (eigene Darstellung, Quellen: Alm und Gallant (2020), Balasegaram und Piddock (2020), BEAM Alliance (o. D.), Deutsches Zentrum für Infektionsforschung e.V. (o. D.), EDCTP (o. D.), Eichberg (2015), European Investment Bank (2017), Goldman (2012), IFPMA (2020), Innovative Health Initiative (IHI) (o. D.), JPIAMR (o. D.), Matee et al. (2009), National Institutes of Health (NIH) (2025), Novo Holdings (o. D.), OHAMR (o. D.), Wasan et al. (2023))

Initiative	Laufzeit	F&E-Stufen^a	Wichtigste Geldgeber	Empfänger	Region der Aktivität
NIH-AMR	2008–offen	GF bis Phase III	USA	Universität, KMU	USA
BARDA AMR	2010–offen	Phase I bis Phase III	USA	KMU	Global
JPIAMR	2011–2023	GF und WE	EU, UK, Kanada	Universität	EU/ Global
IMI	2013–2025	GF bis Phase III	EU, Pharmaindustrie	Gemischt	EU
InnovFin	2014–2022	Phase II und Phase III	EU	KMU	EU
EDCTP 2	2014–2024	Phase I bis Phase III	EU	Gemischt	Europa, Afrika
BEAM-Allianz	2016–offen	Phase I bis Phase III	Deutschland, EU, UK, USA	Gemischt	Global
CARB-X	2016–offen	WE bis Phase I	USA, Deutschland, UK	KMU	Global
GARDP	2016–offen	WE und Phase III	Deutschland, Niederlande, UK, Japan	Gemischt	Global
Novo REPAIR	2018–offen	WE bis Phase I	Novo Stiftung	KMU	Global
AMR Action Fund	2020–offen	Phase I bis Phase III	Pharmaindustrie	KMU	Global
OHAMR	2025–2035	GF bis Phase III	EU	Gemischt	EU/ Global

^a GF = Grundlagenforschung; WE = Wirkstoffentwicklung

A.2 Ergänzungen zum Antibiotika-Fördermodell

Die Excel-Datei zum Antibiotika-Fördermodell ist dauerhaft unter der DOI verfügbar (vgl. Schläfer, 2026).

Tabelle A.3: Umsatzmodellierung im Antibiotika-Fördermodell (eigene Darstellung, Quelle: Outterson (2021a))

Jahr	Cubicin Umsatz (in % vom Peak)	Zyvox Umsatz (in % vom Peak)	Mittelwert (gerundet)	KMU-Umsatz^a (modelliert)	Big Pharma- Umsatz^a (modelliert)
1	0 %	4 %	2 %	15	18
2	4 %	8 %	6 %	50	62
3	9 %	15 %	12 %	93	117
4	16 %	19 %	17 %	139	174
5	25 %	34 %	30 %	238	297
6	35 %	46 %	40 %	321	402
7	43 %	58 %	50 %	403	504
8	49 %	70 %	59 %	476	594
9	58 %	82 %	70 %	562	702
10	69 %	84 %	77 %	614	768
11	77 %	87 %	82 %	657	822
12	85 %	95 %	90 %	721	902
13	100 %	99 %	100 %	800	1000
14	93 %	100 %	96 %	771	964
15	40 %	100 %	70 %	558	698
16	38 %	65 %	52 %	415	519
17	31 %	31 %	31 %	247	309
18	28 %	21 %	25 %	196	245
19	23 %	17 %	20 %	162	203
20	21 %	18 %	20 %	159	199

^a Angaben in Millionen USD.

Tabelle A.4: Detaillierte Analyse der untersuchten Anreizdesigns (eigene Darstellung)

Anreizmodell	Metrik	θ_0	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6
Ohne Anreizmechanismen	$ENPV_{\theta_i, KMU}$	-6,8	3,6	27,9	101,3	331,5	488,5	687,3
	$ENPV_{\theta_i, Big}$	-6,8	29,1	94,0	266,7	542,3	718,4	890,2
	$X_{\theta_i, KMU}^{(e)}$	333,0			101,3			
	$X_{\theta_i, Big}^{(e)}$	266,7			266,7			
Forschungsförderung	$ENPV_{\theta_i, KMU}$	-1,8	3,6	27,9	101,3	331,5	488,5	687,3
	$ENPV_{\theta_i, Big}$	-1,8	29,1	94,0	266,7	542,3	718,4	890,2
	$X_{\theta_i, KMU}^{(e)}$	161,5			101,3			
	$X_{\theta_i, Big}^{(e)}$	266,7			266,7			
Markteintrittsprämie	$ENPV_{\theta_i, KMU}$	-4,7	17,9	59,3	170,5	443,0	624,8	687,3
	$ENPV_{\theta_i, Big}$	-4,8	43,4	125,4	335,9	653,9	854,8	890,2
	$X_{\theta_i, KMU}^{(e)}$	333,0			170,5			
	$X_{\theta_i, Big}^{(e)}$	335,9			335,9			
Meilensteinprämien	$ENPV_{\theta_i, KMU}$	-4,0	15,4	45,8	125,8	356,0	488,5	687,3
	$ENPV_{\theta_i, Big}$	-4,0	40,9	111,9	291,2	566,9	718,4	890,2
	$X_{\theta_i, KMU}^{(e)}$	261,6			125,8			
	$X_{\theta_i, Big}^{(e)}$	291,2			291,2			
Forschungsförderung & Markteintrittsprämie	$ENPV_{\theta_i, KMU}$	-3,2	10,7	43,6	135,9	387,3	556,6	687,3
	$ENPV_{\theta_i, Big}$	-3,3	36,2	109,7	301,3	598,1	786,6	890,2
	$X_{\theta_i, KMU}^{(e)}$	247,2			135,9			
	$X_{\theta_i, Big}^{(e)}$	301,3			301,3			
Ganzheitliches Förderungsmodell	$ENPV_{\theta_i, KMU}$	-3,6	14,0	47,7	139,0	368,3	518,5	687,3
	$ENPV_{\theta_i, Big}$	-3,6	39,5	113,8	304,4	579,1	748,4	890,2
	$X_{\theta_i, KMU}^{(e)}$	261,7			139,0			
	$X_{\theta_i, Big}^{(e)}$	304,4			304,4			

Alle Werte in Millionen USD.

A.3 Ergänzendes Material zur experimentellen Untersuchung

Der oTree-Code des Experiments ist dauerhaft unter der DOI verfügbar (vgl. Schläfer, 2026).

Vor Beginn des Experiments wurde den Teilnehmenden folgender Text präsentiert, den sie durch einen Klick auf 'Weiter' bestätigen mussten:

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Die Befragung erfolgt anonym. Die Erhebung der soziodemografischen Daten wie Geschlecht usw. erfolgt ausschließlich zu dem Zweck, die Aussagen gruppenheterogen auszuwerten. Es werden keinerlei Versuche unternommen, aus den Ih-

rerseits getätigten Angaben Rückschlüsse auf konkrete Personen zu ziehen. Die Auswertungsergebnisse werden ausschließlich in anonymisierter Form (in Tabellen und /oder Grafiken) veröffentlicht, sodass Rückschlüsse auf Einzelpersonen nicht möglich sind. Bitte tragen Sie in die Freitextfelder keine personenbezogenen Daten*, auch nicht von Dritten, ein.

*Gemäß Art. 4 Ziff. 1 Datenschutz-Grundverordnung (DS-GVO) sind „personenbezogene Daten“ „alle Informationen, die sich auf eine identifizierte oder identifizierbare natürliche Person beziehen; als identifizierbar wird eine natürliche Person angesehen, die direkt oder indirekt, insbesondere mittels Zuordnung zu einer Kennung wie einem Namen, zu einer Kennnummer, zu Standortdaten, zu einer Online-Kennung oder zu einem oder mehreren besonderen Merkmalen, die Ausdruck der physischen, physiologischen, genetischen, psychischen, wirtschaftlichen, kulturellen oder sozialen Identität dieser natürlichen Person sind, identifiziert werden kann.

A.3.1 Instruktionen Investitionsspiel

Instruktionen 1/4

Das folgende Experiment beschäftigt sich mit der Erforschung und Entwicklung neuartiger Antibiotika aus einer wirtschaftlichen Perspektive. Sie befinden sich auf einem Markt, auf dem es zwei Akteursgruppen gibt, die die Erforschung und Entwicklung neuer Medikamente vorantreiben können:

- Große Pharma- und Biotechnologieunternehmen (nachfolgend **Big Pharma** genannt)
- Kleine und mittlere Pharma- und Biotechnologieunternehmen (nachfolgend **KMU** genannt)

Sie werden im Folgenden die Rolle eines **[Big Pharma/KMU]**-Akteurs einnehmen. Diese Rolle werden Sie über die gesamte Dauer des Experiments beibehalten.

Die Situation im Experiment

Der Antibiotikamarkt ist derzeit erheblich unterinvestiert. Regierungen und private Stiftungen möchten jedoch, dass die Forschung und Entwicklung (F&E) neuer Antibiotika angeregt wird und planen daher den Einsatz von **finanziellen Anreizmechanismen**. Sie, in Ihrer Rolle als **[Big Pharma/KMU]**-Akteur, sind in der Lage die F&E sowie die Vermarktung neuer Antibiotika zu übernehmen. Aus heutiger Sicht ist es für Sie jedoch nicht rentabel in den Markt zu investieren. Unter gegebenen Anreizen kann sich diese Situation jedoch ändern.

Im Laufe des Experiments werden Sie mit verschiedenen Anreizmechanismen konfrontiert. Sie müssen jeweils entscheiden, ob sie unter den sich ergebenden Marktbedingungen in den Markt investieren wollen.

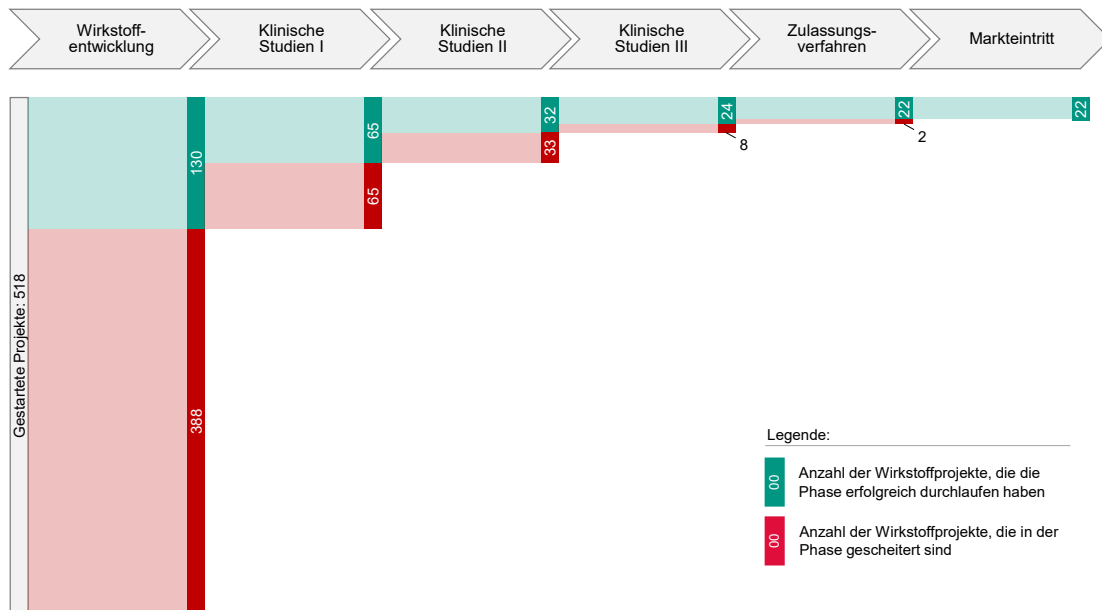
Instruktionen 2/4

Die Entwicklung eines neuen Medikaments durchläuft sechs unverzichtbare Stufen, die notwendig sind, damit ein neues Antibiotikum den Markt erreichen kann. Jede dieser Stufen ist mit spezifischen **Risiken** und **Kosten** verbunden.



Risiken

Auf jeder Stufe besteht die Gefahr, dass das Projekt scheitert. Die folgende Grafik zeigt historische Daten von 518 begonnenen Wirkstoffprojekten und deren Verlauf im Wertschöpfungsprozess. In früheren Stufen der Entwicklung ist das Risiko eines Scheiterns hoch, in den hinteren Stufen geringer.



Phase	Wirkstoff-entwicklung	Klinische Studien I	Klinische Studien II	Klinische Studien III	Zulassungs-verfahren	Markt-eintritt	Markt-auszahlung
Anzahl übriger Projekte nach der Phase (von 518)	130	65	32	24	22	22	-

Dauer und Kosten

Die Dauer und Kosten einer jeden Phase können Sie folgender Tabelle entnehmen (pro Projekt). Bei einem erfolgreichen Markteintritt ist eine Marktauszahlung (Gewinn) von [XXX] Mio. GE (Geldeinheiten) zu erwarten.

[KMU-Ansicht]

Phase	Wirkstoff-entwicklung	Klinische Studien I	Klinische Studien II	Klinische Studien III	Zulassungs-verfahren	Markt-eintritt	Markt-auszahlung
Dauer (in Jahren)	6	1	1	2	1	1	-
Investitions-kosten/ Auszahlung (in Mio GE)	-10	-10	-20	-120	-75	-150	687

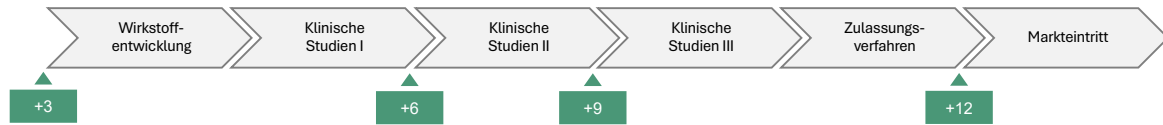
[Big Pharma-Ansicht]

Phase	Wirkstoff-entwicklung	Klinische Studien I	Klinische Studien II	Klinische Studien III	Zulassungs-verfahren	Markt-eintritt	Markt-auszahlung
Dauer (in Jahren)	6	1	1	2	1	1	-
Investitions-kosten/ Auszahlung (in Mio GE)	-15	-15	-30	-80	-50	-100	890

Instruktionen 3/4

Im Laufe des Experiments werden Sie mit verschiedenen Kombinationen aus Anreizmechanismen konfrontiert. Die Anreizmechanismen sind immer finanzieller Natur, unterscheiden sich jedoch in der Höhe der Zahlung sowie dem Zeitpunkt, an dem sie auftreten. Sie können grundsätzlich vor oder nach den Wertschöpfungsstufen ansetzen (siehe Abbildung). Die Zahl innerhalb des grünen Vierecks gibt an, wie hoch die Anreizzahlung ausfällt.

Beispiel



In obigem Beispiel gibt es vier Anreizzahlungen:

- vor der Wirkstoffentwicklung (3 Mio. GE)
- nach den klinischen Studien I (6 Mio. GE)
- nach den klinischen Studien II (9 Mio. GE)
- nach erfolgreichem Zulassungsverfahren (12 Mio. GE)

Das bedeutet, dass ein Unternehmen, welches sich für eine Investition in die Wirkstoffentwicklung entscheidet, 3 Mio. GE als Förderung erhält. Nach erfolgreicher Absolvierung der klinischen Studien I bzw. II würde es weitere 6 Mio. bzw. 9 Mio. GE erhalten. Das Unternehmen, welches das Zulassungsverfahren erfolgreich abschließt, erhält 12 Mio. GE.

Instruktionen 4/4

Sie befinden sich zum Zeitpunkt Ihrer Entscheidung vor dem Beginn einer Wirkstoffentwicklung (siehe Abbildung).



Entscheidungsoptionen

Sie werden im Folgenden vor Kombinationen aus Anreizzahlungen gestellt, auf deren Grundlage Sie entscheiden müssen, ob Sie in den Markt investieren möchten. Sie haben die folgenden beiden Optionen:

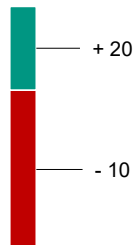
- **Investieren.**

Sie starten ein Wirkstoffprojekt mit dem Ziel, ein neuartiges Medikament zu entwickeln, klinische Studien durchzuführen und es schließlich auf den Markt zu bringen. (Stufen 1 bis 6).

- **Nicht investieren.**

Sie investieren nicht in den Markt.

Ihre Auszahlung (Beispiel)



Das vorliegende Balkendiagramm dient Ihnen als Hilfestellung und gibt an, wie hoch Ihr Gewinn/Verlust (in Mio. GE) im Falle eines Erfolgs (Zahl am oberen/grünen Balken) bzw. Scheiterns (Zahl am unteren/roten Balken) ausfällt. Die Größe der Balken spiegelt die Wahrscheinlichkeit des jeweiligen Ausgangs wider. Ob Sie Scheitern oder Erfolg haben ist zufällig. Scheitern ist in dem Beispiel jedoch wahrscheinlicher als Erfolg, zu erkennen am größeren roten Balken.

In den Gewinn/Verlust-Auszahlungen sind bereits die Kosten und der Umsatz sowie etwaige Anreize während des gesamten Wertschöpfungsprozesses eingerechnet. Wenn Sie sich in dem obigen Beispiel dazu entscheiden würden in den Markt zu investieren und dabei erfolgreich sind, erwartet Sie eine Auszahlung in Höhe von 20 Mio. GE. Wenn Sie hingegen während des Wertschöpfungsprozesses scheitern, verlieren Sie 10 Mio. GE.

Ihre Vergütung

Ihre Vergütung in diesem Experiment ist aufgeteilt in einen fixen Anteil und einen variablen Anteil. Die fixe Auszahlung in Höhe von 10,00 € erhalten Sie unabhängig von Ihren Entscheidungen. Die zusätzliche variable Auszahlung von bis zu 10,00 € hängt direkt von Ihren getroffenen Entscheidungen und Ihren erwirtschafteten Geldeinheiten (GE) ab. 1 Mio. GE entspricht dabei 0,01 € (100 Mio. GE = 1,00 €).

Das Experiment beginnt nun.

A.3.2 Initialer Verständnistest

Wie lässt sich die Höhe der roten und grünen Balken im Auszahlungsdiagramm deuten?

- Die Höhe der Balken zeigt mir an, wie wahrscheinlich es ist zu scheitern bzw. Erfolg zu haben.
- Die Höhe der Balken spiegelt die Höhe der Auszahlungen wider.
- Die Höhe der Balken ist willkürlich.

Die Mehrheit der begonnenen Wirkstoffprojekte erreichen schlussendlich auch den Markt. Richtig oder falsch?

- Richtig.
- Falsch.

Das Risiko zu Beginn im Wertschöpfungsprozess zu scheitern ist höher als in späteren Phasen. Richtig oder falsch?

- Richtig.
- Falsch.

Wie hoch sind in Summe die Kosten der ersten drei Wertschöpfungsstufen (in Mio. GE)?

Antwort: _____

Wie hoch sind in Summe die Kosten der letzten drei Wertschöpfungsstufen (in Mio. GE)?

Antwort: _____

Bitte wählen sie in den unten stehenden Optionen 'KMU' aus.

- Big Pharma
- KMU
- Beide

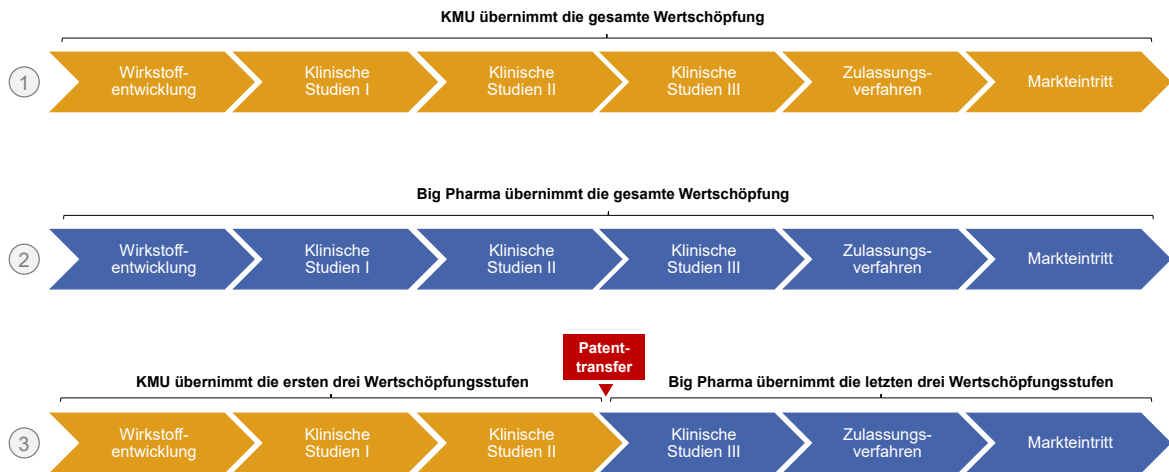
A.3.3 Instruktionen Kooperationsspiel

Neue Instruktionen 1/2

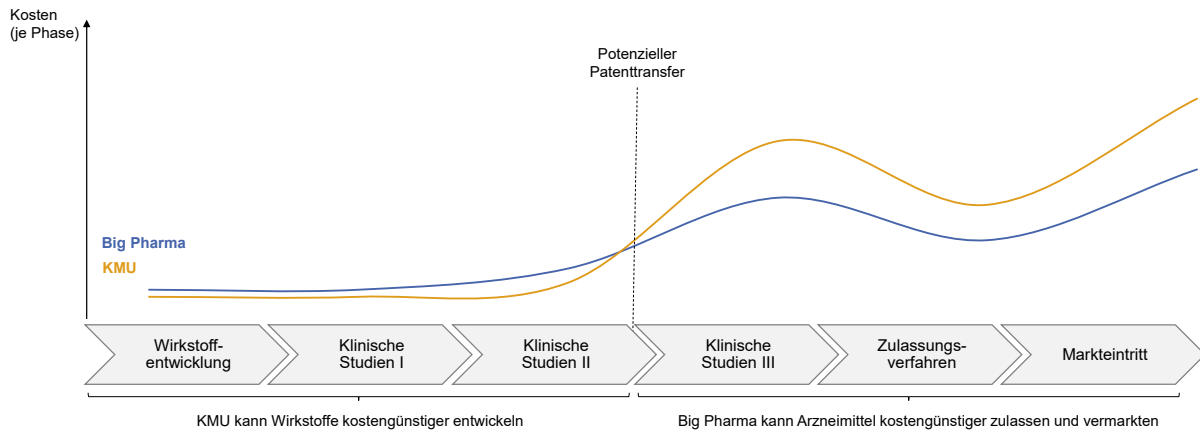
Neben Ihnen gibt es nun zusätzlich auch **[KMU/Big Pharma]-Akteure** auf dem Markt, mit denen Sie interagieren können. Sie bleiben weiterhin in Ihrer Rolle als **[Big Pharma/KMU]-Akteur**.

Beide Akteursgruppen (Big Pharma und KMU) sind in der Lage die gesamte Wertschöpfung (d.h. alle sechs Stufen) zu übernehmen (siehe (1) und (2) der folgenden Abbildung). Die Akteure können die Wertschöpfung jedoch auch untereinander aufteilen, indem ein KMU die ersten

drei Stufen übernimmt und sein Wirkstoffpatent dann an einen Big Pharma-Akteur verkauft, welcher die letzten drei Wertschöpfungsstufen übernimmt (siehe (3)).



Des Weiteren ist auf dem Markt bekannt, dass KMUs und Big Pharma unterschiedlich hohe Kosten je Stufe haben. KMUs können einen Wirkstoff günstiger entwickeln und durch die ersten klinischen Phasen bringen (Stufen 1 bis 3). Big Pharma hingegen hat Kostenvorteile in der letzten klinischen Studie, dem Zulassungsverfahren und dem Markteintritt (Stufen 4 bis 6). Zudem kann Big Pharma auf dem Markt höhere Erlöse für ein neues Medikament erzielen.



Neue Instruktionen 2/2

Entscheidungspunkte

Im Wertschöpfungsprozess gibt es für Sie nun bis zu zwei Entscheidungspunkte (siehe Abbildung).



[KMU-Ansicht]

Entscheidungspunkt 1

In jeder Runde werden Sie vor eine neue Marktausgangssituation gestellt, für welche Sie die Entscheidung treffen müssen, ob und wie Sie in den Markt investieren möchten.

Sie haben die folgenden zwei Optionen:

- **Investieren.**

Sie beginnen ein Wirkstoffprojekt und versuchen es zunächst durch die ersten drei Wertschöpfungsstufen zu bringen.

- **Nicht investieren.**

Sie investieren nicht in den Markt.

Entscheidungspunkt 2

Zu diesem Entscheidungspunkt gelangen Sie nur, wenn Sie sich in Entscheidungspunkt 1 für **'Investieren'** entschieden haben. An diesem Punkt werden Sie erfahren, ob und wie viele andere KMU- und Big Pharma-Akteure sich für eine Investition in den Markt entschieden haben. Ihnen stehen dann zwei Optionen zur Verfügung:

- **Mit Big Pharma verhandeln.**

Wenn es einen verhandlungswilligen Big Pharma-Akteur auf der Gegenseite gibt, haben Sie die Möglichkeit Ihr Wirkstoffpatent innerhalb einer Verhandlung zu verkaufen.

[Hinweis: Nur, wenn Sie einen verhandlungswilligen Big Pharma-Akteur auf der Gegenseite finden. Finden Sie keinen Big Pharma-Akteur, müssen Sie den eigenen Markteintritt anstreben.]

- **Eigener Markteintritt.**

Sie streben an auch die restlichen drei Wertschöpfungsstufen (4 bis 6) zu übernehmen und das Arzneimittel selbst auf den Markt zu bringen.

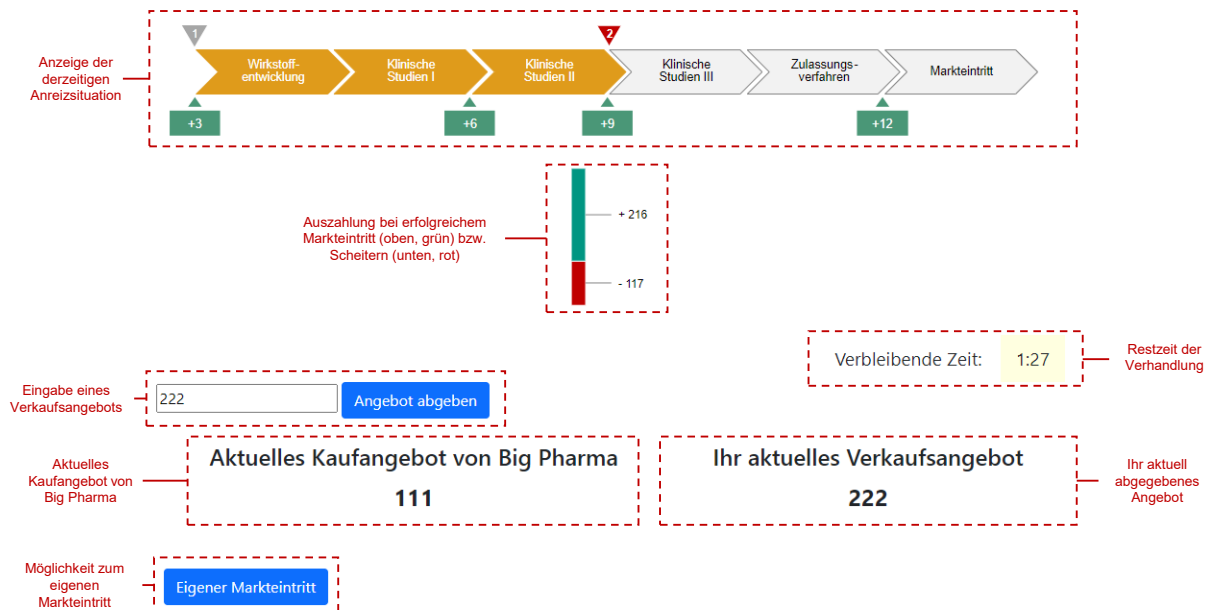
Verhandlungsrunde

Wenn Sie sich bei Entscheidungspunkt 2 für eine Verhandlung entschieden haben **und** es gibt interessierte Käufer, werden Sie mit einem Big Pharma-Akteur zusammengebracht und gelangen auf eine Verhandlungsseite (siehe Abbildung).

Hinweis: Es kann vorkommen, dass es weniger Big Pharma-Akteure als interessierte KMU-Akteure gibt. In diesem Fall entscheidet der Zufall, ob Sie an einer Verhandlung teilnehmen oder nicht. Wenn Ihnen kein Verhandlungspartner zugewiesen wird, forcieren Sie automatisch den eigenen Markteintritt.

Auf der Seite der Verhandlung können Sie kontinuierlich Verkaufsangebote für Ihr Wirkstoffpatent abgeben. Sie sehen das Kaufangebot des anderen Akteurs stets in Echtzeit. Sobald das Kaufangebot größer oder gleich Ihrem Verkaufsangebot ist, wird Ihr Angebot angenommen und Sie verkaufen das Wirkstoffpatent zu Ihrem angebotenen Preis.

Die Dauer einer Verhandlung ist auf 2 Minuten begrenzt. Währenddessen haben Sie jederzeit die Möglichkeit, die Verhandlung abubrechen und einen eigenen Markteintritt zu forcieren. Dies gilt auch, wenn die Zeit der Verhandlung abgelaufen ist oder Ihr Verhandlungspartner die Verhandlung vorzeitig beendet.



[Big Pharma-Ansicht]

Entscheidungspunkt 1

In jeder Runde werden Sie vor eine neue Marktausgangssituation gestellt, für welche Sie die Entscheidung treffen müssen, ob und wie Sie in den Markt investieren möchten.

Sie haben folgende drei Optionen:

- **Investieren - Make.**
Sie beginnen ein Wirkstoffprojekt mit dem Ziel ein neuartiges Medikament alleine zu entwickeln, die klinischen Studien durchzuführen und schließlich auf den Markt zu bringen (Stufen 1 bis 6).
- **Investieren - Buy.**
Sie streben an das Wirkstoffpatent eines KMU nach dessen erfolgreicher Entwicklung (Stufen 1 bis 3) abzukaufen und anschließend selbst auf den Markt zu bringen (Stufen 4 bis 6).
- **Nicht investieren.**
Sie investieren nicht in den Markt.

Entscheidungspunkt 2

Zu diesem Entscheidungspunkt gelangen Sie nur, wenn Sie sich in Entscheidungspunkt 1 für 'Investieren - Buy' entschieden haben. An diesem Punkt werden Sie erfahren, ob und wie

viele andere KMU- und Big Pharma-Akteure sich für eine Investition in den Markt entschieden haben. Ihnen stehen dann zwei Optionen zur Verfügung:

- **Mit KMUs verhandeln.**

Wenn es einen verhandlungswilligen KMU-Akteur auf der Gegenseite gibt, haben Sie die Möglichkeit ein Wirkstoffpatent innerhalb einer Verhandlung zu kaufen.

[Hinweis: Kommt kein Deal zustande oder finden Sie kein KMU, das verkaufen möchte, fallen für Sie Kosten in Höhe von -20 Mio. an.]

- **Nicht verhandeln.**

Sie entscheiden sich gegen eine Verhandlung und kaufen kein Wirkstoffpatent.

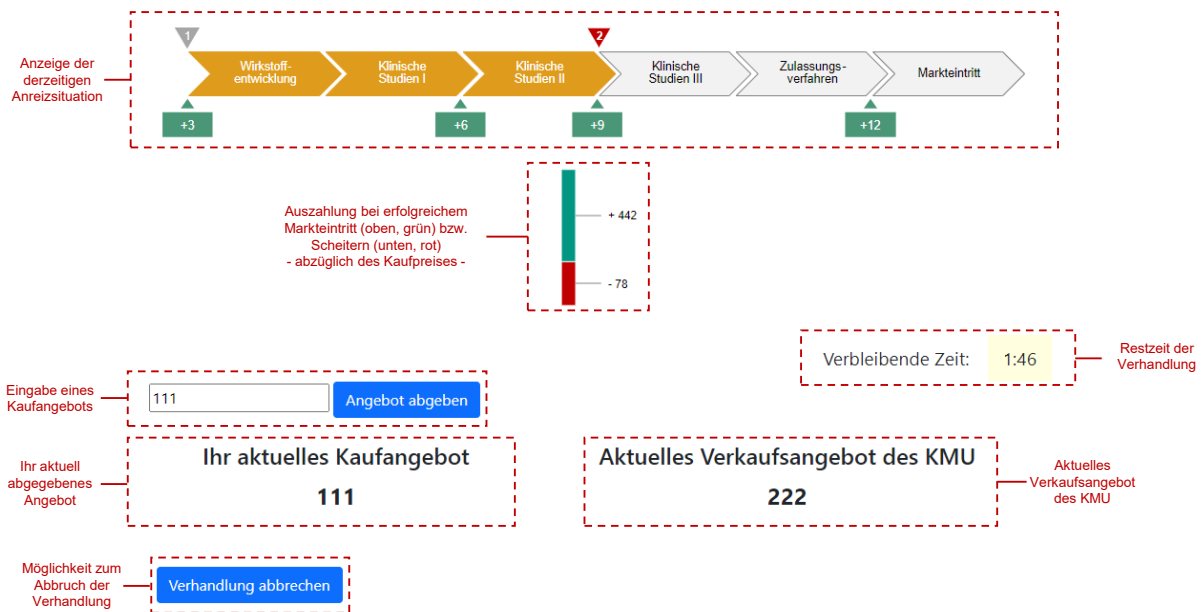
Verhandlungsrunde

Wenn Sie sich bei Entscheidungspunkt 2 für eine Verhandlung entschieden haben **und** es gibt interessierte Verkäufer, werden Sie mit einem KMU-Akteur zusammengebracht und gelangen auf eine Verhandlungsseite (siehe Abbildung).

Hinweis: Es kann vorkommen, dass es weniger KMU-Akteure als interessierte Big Pharma-Akteure gibt. In diesem Fall entscheidet der Zufall, ob Sie an einer Verhandlung teilnehmen oder nicht. Wenn Ihnen kein Verhandlungspartner zugewiesen wird, fallen für Sie Kosten von -20 Mio. an.

Auf der Seite der Verhandlung können Sie kontinuierlich Kaufangebote für das Wirkstoffpatent abgeben. Sie sehen das Verkaufsangebot des anderen Akteurs stets in Echtzeit. Sobald Ihr Kaufangebot größer oder gleich dem Verkaufsangebot ist, kaufen Sie das Wirkstoffpatent zum angebotenen Preis des KMUs.

Die Dauer einer Verhandlung ist auf 2 Minuten begrenzt. Währenddessen haben Sie jederzeit die Möglichkeit, die Verhandlung abubrechen und kein Wirkstoffpatent zu kaufen. Dies gilt auch, wenn die Zeit der Verhandlung abgelaufen ist oder Ihr Verhandlungspartner die Verhandlung vorzeitig beendet.



Die zweite Phase des Experiments beginnt nun.

A.3.4 Verständnistest zum Kooperationsspiel

Welche der folgenden Aussagen ist korrekt?

- Für Big Pharma sind die Kosten einer Entwicklung in den ersten drei Wertschöpfungsstufen geringer als für ein KMU.
- KMUs haben verglichen mit Big Pharma geringere Kosten in den ersten drei Wertschöpfungsstufen, dafür höhere Kosten in den letzten drei.
- Alle Akteure haben die gleichen Kosten auf den Wertschöpfungsstufen.

Welche der folgenden Aussagen ist korrekt?

- Big Pharma kann auf dem Markt höhere Umsätze für ein Medikament erzielen als ein KMU.
- Ein KMU kann auf dem Markt höhere Umsätze für ein Medikament erzielen als Big Pharma.
- KMU und Big Pharma können gleich hohe Umsätze für ein Medikament auf dem Markt erzielen.

Wenn Sie sich in Entscheidungspunkt 1 dazu entschieden haben nicht zu investieren, können Sie dann noch ein Wirkstoffpatent kaufen bzw. verkaufen?

- Ja.
- Nein.

Bewerten Sie folgende Aussage: Wenn ich mich in Entscheidungspunkt 2 dazu entscheide zu verhandeln, gelange ich immer auf eine Verhandlungsseite.

- Korrekt.
- Nicht korrekt.

A.3.5 Abschließende Umfrage

In welche der folgenden Altersgruppen fallen Sie?

- 18–21 Jahre
- 22–25 Jahre
- 26–29 Jahre
- 30–33 Jahre
- > 33 Jahre
- Keine Angabe

Welches Geschlecht trifft auf Sie zu?

- Weiblich
- Männlich
- Divers
- Keine Angabe

Was ist Ihr derzeitiger Bildungsstand? (höchste abgeschlossene Ausbildung)

- Promotion
- Master/Diplom
- Bachelor
- Kaufmännische Ausbildung
- Abitur

- Keine Antwort zutreffend
- Keine Angabe

In welcher Fachrichtung liegt/lag Ihr Studium/ Ihre Ausbildung?

- Wirtschaftsingenieurwesen
- Maschinenbau
- Bauingenieurwesen
- Informatik
- Wirtschaftsinformatik
- Informationstechnik
- Mathematik
- Architektur
- Biologie
- Physik
- Chemie
- Pharmazie
- Lehramt
- Sport
- Andere
- Keine Angabe

An wie vielen ökonomischen/soziologischen/psychologischen Laborexperimenten haben Sie vor diesem Experiment teilgenommen?

- Keine
- 1–2
- 3–4
- 5–6
- > 6
- Keine Angabe

Wie gut haben Sie die Instruktionen und den Spielablauf verstanden?

- Sehr gut

- Gut
- Grundlegend
- Kaum
- Gar nicht

Was waren die wesentlichen Faktoren, die Ihre Entscheidung beeinflusst haben, in einen Markt zu investieren bzw. nicht zu investieren?

Inwiefern haben Sie das Balkendiagramm bei Ihrer Entscheidungsfindung herangezogen?

- Gar nicht
- Wenig
- Moderat
- Stark
- Sehr stark

Inwiefern haben Sie die Verteilung und Höhe der Anreize bei Ihrer Entscheidungsfindung herangezogen?

- Gar nicht
- Wenig
- Moderat
- Stark
- Sehr stark

Wie würden Sie Ihre Kenntnisse über die Pharmabranche vor dem Experiment einschätzen?

- Sehr gut
- Gut
- Mittel
- Schlecht

- Sehr schlecht
- Keine Angabe

Die folgende Tabelle zeigt Ihnen in jeder Zeile zwei Entscheidungsoptionen.

- Option A: Ein sicherer Betrag in Höhe von X €
- Option B: Eine 50:50-Chance entweder 30 € zu gewinnen oder 10 € zu gewinnen

Zeile	Option A	Option B
1	10 €	50 % Chance auf 30 €, 50 % Chance auf 10 €
2	12,5 €	50 % Chance auf 30 €, 50 % Chance auf 10 €
3	15 €	50 % Chance auf 30 €, 50 % Chance auf 10 €
4	17,5 €	50 % Chance auf 30 €, 50 % Chance auf 10 €
5	20 €	50 % Chance auf 30 €, 50 % Chance auf 10 €
6	22,5 €	50 % Chance auf 30 €, 50 % Chance auf 10 €
7	25 €	50 % Chance auf 30 €, 50 % Chance auf 10 €
8	27,5 €	50 % Chance auf 30 €, 50 % Chance auf 10 €
9	30 €	50 % Chance auf 30 €, 50 % Chance auf 10 €

Ab welcher Zeile würden Sie sich für Option A entscheiden und nicht mehr für Option B?

Zeile: _____

Teil 2 des Experiments ist hiermit beendet.

A.4 Ergänzungen zur statistischen Auswertung

Tabelle A.5: Spearman-Korrelationsmatrix der Kontrollvariablen (eigene Darstellung)

Variable	Statistik	Alter	Weiblich	Bildungs- stand	Wiwi- Studiengang	Risiko- einstellung	Experiment- erfahrung	Pharma- kenntnisse	Spielerrolle
Alter	Koeffizient	1,000							
	Sig. (2-seitig)	.							
	N	100							
Weiblich	Koeffizient	-,047	1,000						
	Sig. (2-seitig)	,646	.						
	N	100	100						
Bildungs- stand	Koeffizient	,477**	,111	1,000					
	Sig. (2-seitig)	<,001	,274	.					
	N	99	99	99					
Wiwi- Studiengang	Koeffizient	-,031	-,210*	,043	1,000				
	Sig. (2-seitig)	,757	,036	,673	.				
	N	100	100	99	100				
Risiko- einstellung	Koeffizient	,025	-,016	-,060	,142	1,000			
	Sig. (2-seitig)	,806	,871	,556	,158	.			
	N	100	100	99	100	100			
Experiment- erfahrung	Koeffizient	,433**	-,071	,346**	,098	-,063	1,000		
	Sig. (2-seitig)	<,001	,485	<,001	,331	,531	.		
	N	100	100	99	100	100	100		
Pharma- kenntnisse	Koeffizient	,031	-,138	,100	,164	-,041	-,008	1,000	
	Sig. (2-seitig)	,759	,172	,329	,105	,688	,938	.	
	N	99	99	98	99	99	99	99	
Spielerrolle	Koeffizient	-,047	-,069	-,114	,104	,081	,015	,000	1,000
	Sig. (2-seitig)	,639	,493	,262	,303	,422	,881	,997	.
	N	100	100	99	100	100	100	99	100

** Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Tabelle A.6: Kollinearitätstest der Kontrollvariablen (eigene Darstellung)

Variable	VIF
Spielerrolle	1,049
Risikoeinstellung	1,110
Treatmentposition	1,000
Alter	1,808
Weiblich	1,096
Bildungsstand	1,656
Wiwi-Studiengang	1,165
Experimentiererfahrung	1,290
Pharmakennnisse	1,071

Tabelle A.7: Center of Mass und Herfindahl-Hirschman-Index je Anreizdesign (eigene Darstellung)

Anreizdesign	\tilde{m}_0	\tilde{m}_1	\tilde{m}_2	\tilde{m}_3	\tilde{m}_4	\tilde{m}_5	\tilde{m}_6	CoM	HHI
Forschungsförderung	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	1,00
Markteintrittsprämie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,00	1,00
Meilensteinprämien	0,0	1,1	0,5	0,4	0,3	0,4	0,0	0,40	0,26
Forschungsförderung & Markteintrittsprämie	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,29	0,59
Ganzheitliches Förderungsmodell	1,5	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,4	0,35	0,28

A.4.1 Weitere Regressionstabellen zum Investitionsverhalten

Tabelle A.8: Regressionstabelle zur Analyse der Investitionen von KMUs im Investitionsspiel (eigene Darstellung)

		Zielvariable: Investition (KMU)					
Nr.	Unabhängige Variablen	(1)		(2)		(3)	
		Exp(β)	p-Wert ¹	Exp(β)	p-Wert	Exp(β)	p-Wert
	1 MP (Ref.)	-	-	-	-	-	-
Prädikt.	2 FF	17,376 (0,512)	<0,001***	17,643 (0,514)	<0,001***	21,426 (0,540)	<0,001***
	3 FP	3,559 (0,485)	0,009**	3,579 (0,486)	0,009**	3,959 (0,507)	0,007**
	4 MS	6,874 (0,483)	<0,001***	6,943 (0,484)	<0,001***	8,014 (0,508)	<0,001***
	5 GF	14,064 (0,501)	<0,001***	14,264 (0,503)	<0,001***	17,066 (0,528)	<0,001***
	6 Risikoeinstellung			1,148 (0,148)	0,352	1,196 (0,156)	0,251
	7 Treatmentposition				1,080 (0,104)	0,460	
	8 Alter				0,650 (0,330)	0,193	
Kontr.	9 Weiblich				1,135 (0,426)	0,766	
	10 Bildungsstand				0,864 (0,232)	0,528	
	11 Wiwi-Studiengang				0,625 (0,481)	0,330	
	12 Experimentierfahrung				2,111 (0,242)	0,002**	
	13 Branchenkenntnis				0,970 (0,218)	0,889	
	Konstante	0,186 (0,396)	<0,001***	0,095 (0,829)	0,005**	0,145 (1,084)	0,076
	Modell-Klasse	Logit GLMM					
	Anzahl Subjekte / Beobachtungen	50 / 250		50 / 250		50 / 250	
	-2LL	1115,496		1119,361		1154,306	
	AIC (korrigiert) / BIC	1117,513 / 1120,998		1121,378 / 1124,858		1156,323 / 1159,774	
	Pseudo R_m^2 / R_c^2	0,199 / 0,258		0,203 / 0,264		0,278 / 0,323	

¹ * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

Tabelle A.9: Regressionstabelle zur Analyse der Investitionen von Big Pharma im Investitionsspiel (eigene Darstellung)

		Zielvariable: Investition (Big Pharma)					
Nr.	Unabhängige Variablen	(1)		(2)		(3)	
		Exp(β)	p-Wert ¹	Exp(β)	p-Wert	Exp(β)	p-Wert
		-	-	-	-	-	-
Prädikt.	1 MP (Ref.)	-	-	-	-	-	-
	2 FF	12,752 (0,554)	<0,001***	12,877 (0,555)	<0,001***	13,132 (0,574)	<0,001***
	3 FP	4,696 (0,560)	0,006**	4,719 (0,561)	0,006**	4,673 (0,577)	0,008**
	4 MS	13,866 (0,555)	<0,001***	14,008 (0,556)	<0,001***	15,759 (0,577)	<0,001***
	5 GF	23,929 (0,569)	<0,001***	24,236 (0,570)	<0,001***	29,161 (0,596)	<0,001***
Kontr.	6 Risikoeinstellung			1,123 (0,146)	0,430	1,317 (0,165)	0,097
	7 Treatmentposition					0,924 (0,108)	0,462
	8 Alter					0,420 (0,345)	0,013*
	9 Weiblich					0,795 (0,416)	0,583
	10 Bildungsstand					1,173 (0,212)	0,454
	11 Wiwi-Studiengang					2,511 (0,491)	0,062
	12 Experimentierfahrung					1,075 (0,184)	0,694
	13 Branchenkenntnis					1,152 (0,222)	0,525
Konstante		0,109 (0,478)	<0,001***	0,060 (0,900)	0,002**	0,028 (1,272)	0,005**
Modell-Klasse		Logit GLMM					
Anzahl Subjekte / Beobachtungen		50 / 250		50 / 250		48 / 240 ²	
-2LL		1125,304		1125,951		1113,915	
AIC (korrigiert) / BIC		1127,321 / 1130,805		1127,968 / 1131,448		1115,933 / 1119,340	
Pseudo R_m^2 / R_c^2		0,227 / 0,276		0,230 / 0,281		0,294 / 0,339	

¹ * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001² Bei der Befragung zum Bildungsstand bzw. zur Branchenkenntnis machten jeweils ein Big Pharma-Spieler keine Angabe, weshalb diese Individuen in den Modellen nicht berücksichtigt wurden.

Tabelle A.10: Regressionstabelle zur Analyse der begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Investitionsspiel – CoM und HHI im Vergleich (eigene Darstellung)

		Zielvariable: Investition						
Nr.	Unabhängige Variablen	(1) CoM		(2) HHI		(3) CoM + HHI		
		Exp(β)	p-Wert ¹	Exp(β)	p-Wert	Exp(β)	p-Wert	
Prädikt.	1	CoM (normiert)	0,083 (0,344)	<0,001***			0,079 (0,382)	<0,001***
	2	HHI			0,244 (0,290)	<0,001***	0,273 (0,319)	<0,001***
Kontr.	3	Spielerrolle	0,682 (0,218)	0,080	0,704 (0,200)	0,081	0,672 (0,226)	0,079
	4	Risikoeinstellung	1,179 (0,100)	0,099	1,163 (0,091)	0,100	1,186 (0,103)	0,098
	5	Treatmentposition	0,995 (0,070)	0,945	1,001 (0,067)	0,986	1,000 (0,071)	0,998
	6	Alter	0,638 (0,204)	0,028*	0,661 (0,188)	0,028*	0,631 (0,209)	0,028*
	7	Weiblich	0,995 (0,254)	0,983	0,995 (0,234)	0,982	0,994 (0,263)	0,982
	8	Bildungsstand	1,004 (0,133)	0,978	1,004 (0,122)	0,975	1,003 (0,138)	0,985
	9	Wiwi-Studiengang	1,094 (0,295)	0,762	1,086 (0,271)	0,762	1,095 (0,304)	0,764
	10	Experimenterfahrung	1,339 (0,127)	0,022*	1,305 (0,116)	0,022*	1,358 (0,133)	0,022*
	11	Branchenkenntnis	1,020 (0,135)	0,883	1,018 (0,124)	0,887	1,022 (0,139)	0,878
	Konstante		2,103 (0,682)	0,276	1,910 (0,642)	0,314	4,390 (0,727)	0,043*
	Modell-Klasse		Logit GLMM					
Anzahl Subjekte / Beobachtungen		48 / 490 ²		48 / 490 ²		48 / 490 ²		
-2LL		2171,655		2131,415		2207,939		
AIC (korrigiert) / BIC		2173,663 / 2177,826		2133,423 / 2137,586		2209,947 / 2214,108		
Pseudo R_m^2 / R_c^2		0,162 / 0,195		0,076 / 0,090		0,214 / 0,253		

¹ * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

² Bei der Befragung zum Bildungsstand bzw. zur Branchenkenntnis machten jeweils ein Big Pharma-Spieler keine Angabe, weshalb diese Individuen in den Modellen nicht berücksichtigt wurden.

Tabelle A.11: Regressionstabelle zur Analyse der Investitionen von KMUs im Kooperationspiel (eigene Darstellung)

		Zielvariable: Investition (KMU)						
Nr.	Unabhängige Variablen	(1)		(2)		(3)		
		Exp(β)	p-Wert ¹	Exp(β)	p-Wert	Exp(β)	p-Wert	
Prädikt.	1 MP (Ref.)	-	-	-	-	-	-	
	2 FF	3,720 (0,545)	0,017*	3,768 (0,549)	0,016*	4,210 (0,568)	0,012*	
	3 FP	1,368 (0,458)	0,495	1,371 (0,462)	0,495	1,445 (0,481)	0,445	
	4 MS	4,604 (0,575)	0,008**	4,662 (0,578)	0,008**	5,033 (0,596)	0,007**	
	5 GF	4,604 (0,575)	0,008**	4,655 (0,577)	0,008**	5,142 (0,593)	0,006**	
Kontr.	6 Risikoeinstellung			1,091 (0,203)	0,669	1,095 (0,247)	0,714	
	7 Treatmentposition			1,035 (0,192)	0,859	1,165 (0,206)	0,458	
	8 Payoff			0,999 (0,100)	0,988	0,926 (0,113)	0,496	
	9 Alter					1,290 (0,572)	0,657	
	10 Weiblich					0,464 (0,650)	0,238	
	11 Bildungsstand					1,441 (0,375)	0,330	
	12 Wiwi-Studiengang					1,097 (0,755)	0,902	
	13 Experimentenerfahrung					0,835 (0,336)	0,594	
	14 Branchenkenntnis					1,081 (0,347)	0,822	
	Konstante		2,228 (0,342)	0,020*	1,337 (1,103)	0,793	0,463 (1,600)	0,631
	Modell-Klasse		Logit GLMM					
	Anzahl Subjekte / Beobachtungen		50 / 250		50 / 250		50 / 250	
	-2LL		1203,031		1212,851		1242,051	
	AIC (korrigiert) / BIC		1205,047 / 1208,532		1214,868 / 1218,340		1244,068 / 1247,515	
Pseudo R_m^2 / R_c^2		0,052 / 0,162		0,054 / 0,172		0,087 / 0,254		

¹ * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

Tabelle A.12: Regressionstabelle zur Analyse der Make-Strategie von Big Pharma im Kooperationsspiel (eigene Darstellung)

		Zielvariable: Make-Strategie						
Nr.	Unabhängige Variablen	(1)		(2)		(3)		
		Exp(β)	p-Wert ¹	Exp(β)	p-Wert	Exp(β)	p-Wert	
Prädikt.	1 MP (Ref.)	-	-	-	-	-	-	
	2 FF	4,553 (0,612)	0,014*	4,882 (0,622)	0,011*	5,391 (0,645)	0,010*	
	3 FP	0,477 (0,892)	0,408	0,487 (0,898)	0,424	0,478 (0,912)	0,419	
	4 MS	1,280 (0,705)	0,727	1,340 (0,712)	0,681	1,341 (0,728)	0,688	
	5 GF	2,907 (0,633)	0,093	3,050 (0,641)	0,083	3,225 (0,660)	0,077	
Kontr.	6 Risikoeinstellung			1,221 (0,197)	0,311	1,487 (0,250)	0,114	
	7 Treatmentposition			0,975 (0,137)	0,852	0,964 (0,144)	0,798	
	8 Payoff			0,889 (0,082)	0,152	0,898 (0,088)	0,221	
	9 Alter					0,472 (0,510)	0,143	
	10 Weiblich					2,004 (0,517)	0,180	
	11 Bildungsstand					0,779 (0,309)	0,421	
	12 Wiwi-Studiengang					1,585 (0,742)	0,536	
	13 Experimentierfahrung					1,491 (0,234)	0,089	
	14 Branchenkenntnis					1,115 (0,292)	0,709	
	Konstante		0,084 (0,531)	<0,001***	0,032 (1,245)	0,006**	0,016 (1,689)	0,016*
	Modell-Klasse		Logit GLMM					
	Anzahl Subjekte / Beobachtungen		50 / 250		50 / 250		48 / 240 ²	
	-2LL		1259,768		1272,273		1248,847	
	AIC (korrigiert) / BIC		1261,785 / 1265,270		1274,289 / 1277,762		1250,865 / 1254,268	
Pseudo R_m^2 / R_c^2		0,068 / 0,113		0,084 / 0,132		0,139 / 0,187		

¹ * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001² Bei der Befragung zum Bildungsstand bzw. zur Branchenkenntnis machten jeweils ein Big Pharma-Spieler keine Angabe, weshalb diese Individuen in den Modellen nicht berücksichtigt wurden.

Tabelle A.13: Regressionstabelle zur Analyse der begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Kooperationsspiel mittels HHI (eigene Darstellung)

		Zielvariable: Begonnene Wirkstoffentwicklung						
Nr.	Unabhängige Variablen	(1)		(2)		(3)		
		Exp(β)	p-Wert ¹	Exp(β)	p-Wert	Exp(β)	p-Wert	
Prädikt.	1	HHI	0,721 (0,340)	0,337	0,667 (0,380)	0,286	0,662 (0,383)	0,283
	2	Spielerrolle			0,031 (0,294)	<0,001***	0,028 (0,344)	<0,001***
	3	Risikoeinstellung			1,116 (0,129)	0,393	1,115 (0,141)	0,438
	4	Treatmentposition					1,021 (0,103)	0,840
	5	Payoff					0,973 (0,056)	0,624
	6	Alter					1,045 (0,290)	0,880
	7	Weiblich					1,145 (0,354)	0,702
	8	Bildungsstand					0,992 (0,190)	0,967
	9	Wiwi-Studiengang					1,386 (0,430)	0,448
	10	Experimenterfahrung					1,123 (0,174)	0,505
	11	Branchenkenntnis					1,141 (0,193)	0,495
Konstante		1,109 (0,301)	0,733	3,647 (0,690)	0,061	1,891 (0,940)	0,498	
Modell-Klasse		Logit GLMM						
Anzahl Subjekte / Beobachtungen		100 / 500		100 / 500		48 / 490 ²		
-2LL		2321,587		2389,572		2356,724		
AIC (korrigiert) / BIC		2323,595 / 2327,798		2391,580 / 2395,779		2358,733 / 2362,894		
Pseudo R_m^2 / R_c^2		0,002 / 0,446		0,398 / 0,466		0,398 / 0,481		

¹ * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001² Bei der Befragung zum Bildungsstand bzw. zur Branchenkenntnis machten jeweils ein Big Pharma-Spieler keine Angabe, weshalb diese Individuen in den Modellen nicht berücksichtigt wurden.

A.4.2 Weitere Paarweise Kontraste zum Investitionsverhalten

Tabelle A.14: Paarweise Kontraste der Anreizdesigns bei begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Investitionsspiel (eigene Darstellung)

Kontraste	Kontrast-schätzer	p-Wert ¹	95%-Konfidenzintervall	
			Unterer	Oberer
GF – FP	0,375	< 0,001***	0,242	0,508
GF – MS	0,150	0,030*	0,014	0,286
GF – MP	0,608	< 0,001***	0,495	0,720
GF – FF	0,064	0,341	–0,068	0,196
FP – MS	–0,225	0,002**	–0,365	–0,085
FP – MP	0,233	< 0,001***	0,114	0,352
FP – FF	–0,311	< 0,001***	–0,447	–0,174
MS – MP	0,458	< 0,001***	0,334	0,581
MS – FF	–0,086	0,226	–0,225	0,053
MP – FF	–0,544	< 0,001***	–0,663	–0,425

¹Die p-Werte basieren auf Fisher's Protected LSD nach signifikantem Omnibus-Test; * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001. Zur Absicherung wurden die paarweisen Kontraste ergänzend mit Bonferroni-Holm-Korrektur berechnet.

Tabelle A.15: Paarweise Kontraste bei KMU-Investitionen im Investitionsspiel (eigene Darstellung)

Kontraste	Kontrast-schätzer	p-Wert ¹	95%-Konfidenzintervall	
			Unterer	Oberer
GF – FP	0,334	0,001**	0,147	0,521
GF – MS	0,160	0,084	–0,022	0,341
GF – MP	0,605	< 0,001***	0,444	0,767
GF – FF	–0,038	0,630	–0,194	0,117
FP – MS	–0,174	0,091	–0,377	0,028
FP – MP	0,272	0,004**	0,086	0,458
FP – FF	–0,372	< 0,001***	–0,554	–0,190
MS – MP	0,446	< 0,001***	0,264	0,628
MS – FF	–0,198	0,028*	–0,374	–0,021
MP – FF	–0,644	< 0,001***	–0,798	–0,489

¹Die p-Werte basieren auf Fisher's Protected LSD nach signifikantem Omnibus-Test; * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001. Zur Absicherung wurden die paarweisen Kontraste ergänzend mit Bonferroni-Holm-Korrektur berechnet.

Tabelle A.16: Paarweise Kontraste bei Big Pharma-Investitionen im Investitionsspiel (eigene Darstellung)

Kontraste	Kontrast-schätzer	p-Wert ¹	95%-Konfidenzintervall	
			Unterer	Oberer
GF – FP	0,423	< 0,001***	0,234	0,613
GF – MS	0,148	0,175	–0,066	0,361
GF – MP	0,600	< 0,001***	0,429	0,772
GF – FF	0,193	0,075	–0,019	0,406
FP – MS	–0,276	0,005**	–0,468	–0,084
FP – MP	0,177	0,013*	0,038	0,316
FP – FF	–0,230	0,018*	–0,421	–0,040
MS – MP	0,453	< 0,001***	0,273	0,633
MS – FF	0,046	0,675	–0,168	0,259
MP – FF	–0,407	< 0,001***	–0,586	–0,229

¹Die p-Werte basieren auf Fisher's Protected LSD nach signifikantem Omnibus-Test; * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001. Zur Absicherung wurden die paarweisen Kontraste ergänzend mit Bonferroni-Holm-Korrektur berechnet.

Tabelle A.17: Paarweise Kontraste bei begonnenen Wirkstoffentwicklungen im Kooperationsspiel (eigene Darstellung)

Kontraste	Kontrast-schätzer	p-Wert ¹	95%-Konfidenzintervall	
			Unterer	Oberer
GF – FP	0,321	0,001**	0,136	0,505
GF – MS	0,109	0,289	–0,092	0,310
GF – MP	0,339	<0,001***	0,157	0,522
GF – FF	–0,059	0,540	–0,248	0,130
FP – MS	–0,212	0,026*	–0,398	–0,025
FP – MP	0,019	0,812	–0,136	0,174
FP – FF	–0,379	<0,001***	–0,559	–0,200
MS – MP	0,231	0,014*	0,047	0,414
MS – FF	–0,168	0,093	–0,363	0,028
MP – FF	–0,398	<0,001***	–0,575	–0,221

¹Die p-Werte basieren auf Fisher's Protected LSD nach signifikantem Omnibus-Test; * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001.

Tabelle A.18: Paarweise Kontraste bei KMU-Investitionen im Kooperationsspiel (eigene Darstellung)

Kontraste	Kontrast-schätzer	p-Wert ¹	95%-Konfidenzintervall	
			Unterer	Oberer
GF – FP	0,171	0,042*	0,006	0,336
GF – MS	0,002	0,975	-0,112	0,115
GF – MP	0,248	0,008**	0,065	0,431
GF – FF	0,018	0,766	-0,100	0,136
FP – MS	-0,169	0,046*	-0,335	-0,003
FP – MP	0,077	0,445	-0,121	0,275
FP – FF	-0,153	0,071	-0,320	0,013
MS – MP	0,246	0,009**	0,063	0,430
MS – FF	0,016	0,791	-0,103	0,136
MP – FF	-0,230	0,014*	-0,414	-0,046

¹Die p-Werte basieren auf Fisher's Protected LSD nach signifikantem Omnibus-Test; * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001.

Tabelle A.19: Paarweise Kontraste bei Big Pharma Make-Strategie im Kooperationsspiel (eigene Darstellung)

Kontraste	Kontrast-schätzer	p-Wert ¹	95%-Konfidenzintervall	
			Unterer	Oberer
GF – FP	0,151	0,034*	0,011	0,291
GF – MS	0,098	0,168	-0,042	0,237
GF – MP	0,118	0,095	-0,021	0,257
GF – FF	-0,089	0,315	-0,265	0,086
FP – MS	-0,053	0,258	-0,145	0,039
FP – MP	-0,033	0,427	-0,114	0,048
FP – FF	-0,240	0,008**	-0,416	-0,065
MS – MP	0,020	0,689	-0,079	0,120
MS – FF	-0,187	0,031*	-0,358	-0,017
MP – FF	-0,208	0,018*	-0,379	-0,036

¹Die p-Werte basieren auf Fisher's Protected LSD nach signifikantem Omnibus-Test; * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001.

A.4.3 Weitere Regressionstabellen zum Kooperationsverhalten

Tabelle A.20: Regressionstabelle zur Analyse der Buy-Strategie von Big Pharma im Kooperationsspiel (eigene Darstellung)

		Zielvariable: Buy-Strategie					
Nr.	Unabhängige Variablen	(1)		(2)		(3)	
		Exp(β)	p-Wert ¹	Exp(β)	p-Wert	Exp(β)	p-Wert
Prädikt.	1 MP (Ref.)	-	-	-	-	-	-
	2 FF	0,325 (0,448)	0,013*	0,315 (0,452)	0,011*	0,292 (0,469)	0,009*
	3 FP	0,892 (0,479)	0,811	0,881 (0,482)	0,793	0,873 (0,495)	0,785
	4 MS	1,130 (0,495)	0,805	1,130 (0,498)	0,806	1,148 (0,512)	0,788
	5 GF	1,130 (0,495)	0,805	1,133 (0,498)	0,802	1,148 (0,510)	0,787
Kontr.	6 Risikoeinstellung			0,920 (0,158)	0,597	0,928 (0,179)	0,677
	7 Treatmentposition			1,080 (0,108)	0,476	1,094 (0,111)	0,418
	8 Payoff			1,063 (0,065)	0,346	1,061 (0,069)	0,393
	9 Alter					1,446 (0,362)	0,310
	10 Weiblich					0,529 (0,406)	0,119
	11 Bildungsstand					0,968 (0,224)	0,882
	12 Wiwi-Studiengang					0,877 (0,505)	0,795
	13 Experimentierfahrung					1,065 (0,197)	0,750
	14 Branchenkenntnis					1,493 (0,238)	0,094
Konstante		3,624 (0,354)	<0,001***	4,345 (0,946)	0,122	1,187 (1,259)	0,892
Modell-Klasse		Logit GLMM					
Anzahl Subjekte / Beobachtungen		50 / 250		50 / 250		48 / 240 ²	
-2LL		1130,252		1139,462		1107,039	
AIC (korrigiert) / BIC		1132,269 / 1135,753		1141,479 / 1144,951		1109,057 / 1112,460	
Pseudo R_m^2 / R_c^2		0,039 / 0,099		0,048 / 0,115		0,098 / 0,149	

¹ * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

² Bei der Befragung zum Bildungsstand bzw. zur Branchenkenntnis machten jeweils ein Big Pharma-Spieler keine Angabe, weshalb diese Individuen in den Modellen nicht berücksichtigt wurden.

Tabelle A.21: Regressionstabelle zur Analyse der Patenttransfers im Kooperationsspiel (KMU-Regression) (eigene Darstellung)

		Zielvariable: Patenttransfer					
Nr.	Unabhängige Variablen	(1)		(2)		(3)	
		Exp(β)	p-Wert ¹	Exp(β)	p-Wert	Exp(β)	p-Wert
		-	-	-	-	-	-
Prädikt.	1 MP (Ref.)	-	-	-	-	-	-
	2 FF	0,918 (0,415)	0,836	0,918 (0,416)	0,837	0,957 (0,429)	0,918
	3 FP	0,840 (0,417)	0,677	0,841 (0,418)	0,679	0,882 (0,432)	0,771
	4 MS	1,786 (0,410)	0,158	1,792 (0,411)	0,157	1,851 (0,423)	0,147
	5 GF	2,502 (0,415)	0,028*	2,515 (0,416)	0,028*	2,778 (0,430)	0,018*
Kontr.	6 Risikoeinstellung			1,032 (0,143)	0,825	1,006 (0,171)	0,972
	7 Treatmentposition			0,942 (0,093)	0,519	1,251 (0,160)	0,162
	8 Payoff					0,905 (0,080)	0,210
	9 Alter					1,302 (0,371)	0,477
	10 Weiblich					0,904 (0,463)	0,828
	11 Bildungsstand					1,022 (0,251)	0,931
	12 Wiwi-Studiengang					0,731 (0,533)	0,556
	13 Experimentierfahrung					1,153 (0,237)	0,548
	14 Branchenkenntnis					1,298 (0,240)	0,279
	Konstante	0,440 (2,023)	0,685	0,449 (2,161)	0,711	0,178 (1,157)	0,137
	Modell-Klasse	Logit GLMM					
	Anzahl Subjekte / Beobachtungen	50 / 250		50 / 250		50 / 250	
	-2LL	1076,862		1083,597		1108,513	
	AIC (korrigiert) / BIC	1080,911 / 1087,864		1087,647 / 1094,583		1110,530 / 1113,977	
Pseudo R_m^2 / R_c^2	0,024 / 0,466		0,025 / 0,467		0,081 / 0,216		

¹ * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001

A.4.4 Weitere Paarweise Kontraste zum Kooperationsverhalten

Tabelle A.22: Paarweise Kontraste bei Big Pharma Buy-Strategie im Kooperationsspiel (eigene Darstellung)

Kontraste	Kontrast-schätzer	p-Wert ¹	95%-Konfidenzintervall	
			Unterer	Oberer
GF – FP	0,049	0,587	–0,128	0,226
GF – MS	0,000	1,000	–0,170	0,170
GF – MP	0,024	0,788	–0,150	0,198
GF – FF	0,301	0,003**	0,106	0,497
FP – MS	–0,049	0,588	–0,226	0,129
FP – MP	–0,025	0,785	–0,206	0,156
FP – FF	0,252	0,013*	0,053	0,452
MS – MP	0,024	0,788	–0,150	0,198
MS – FF	0,301	0,003**	0,106	0,497
MP – FF	0,278	0,006**	0,080	0,475

¹Die p-Werte basieren auf Fisher's Protected LSD nach signifikantem Omnibus-Test; * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001.

Tabelle A.23: Paarweise Kontraste der Anreizdesigns bei Patenttransfers im Kooperationsspiel (KMU-Regression) (eigene Darstellung)

Kontraste	Kontrast-schätzer	p-Wert ¹	95%-Konfidenzintervall	
			Unterer	Oberer
GF – FP	0,279	0,005**	0,083	0,475
GF – MS	0,097	0,338	–0,102	0,296
GF – MP	0,249	0,014*	0,051	0,448
GF – FF	0,260	0,010*	0,063	0,457
FP – MS	–0,182	0,078	–0,385	0,021
FP – MP	–0,030	0,771	–0,231	0,172
FP – FF	–0,019	0,850	–0,219	0,181
MS – MP	0,152	0,140	–0,051	0,355
MS – FF	0,163	0,116	–0,040	0,366
MP – FF	0,011	0,918	–0,191	0,212

¹Die p-Werte basieren auf Fisher's Protected LSD nach signifikantem Omnibus-Test; * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001.

Tabelle A.24: Paarweise Kontraste der Anreizdesigns bei Patenttransfers im Kooperationsspiel (Big Pharma-Regression) (eigene Darstellung)

Kontraste	Kontrast-schätzer	p-Wert ¹	95%-Konfidenzintervall	
			Unterer	Oberer
GF – FP	0,279	0,005**	0,085	0,472
GF – MS	0,046	0,662	–0,162	0,254
GF – MP	0,240	0,017*	0,043	0,438
GF – FF	0,261	0,009**	0,065	0,456
FP – MS	–0,233	0,019*	–0,426	–0,039
FP – MP	–0,038	0,676	–0,219	0,142
FP – FF	–0,018	0,840	–0,197	0,160
MS – MP	0,194	0,054	–0,003	0,392
MS – FF	0,214	0,032*	0,019	0,410
MP – FF	–0,020	0,829	–0,203	0,163

¹Die p-Werte basieren auf Fisher's Protected LSD nach signifikantem Omnibus-Test; * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001.

Literatur

- Abbott, T. A., & Vernon, J. A. (2007). The cost of US pharmaceutical price regulation: a financial simulation model of R&D decisions. *Managerial and Decision Economics*, 28(4), 293–306. <https://doi.org/10.1002/mde.1342>
- Abdellaoui, M., Driouchi, A., & L'Haridon, O. (2011). Risk aversion elicitation: reconciling tractability and bias minimization. *Theory and Decision*, 71(1), 63–80. <https://doi.org/10.1007/s11238-009-9192-9>
- Aggarwal, G., Muthukrishnan, S., Pál, D., & Pál, M. (2009). General auction mechanism for search advertising. *Proceedings of the 18th international conference on World wide web*, 241–250. <https://doi.org/10.1145/1526709.1526742>
- Agresti, A. (2008). *Categorical data analysis* (2. ed., [Nachdr.]). Wiley.
- Alm, R. A., & Gallant, K. (2020). Innovation in Antimicrobial Resistance: The CARB-X Perspective. *ACS Infectious Diseases*, 6(6), 1317–1322. <https://doi.org/10.1021/acsinfectdis.0c00026>
- AMR Review. (2016). Modelling the antibiotic development process. <https://amr-review.org/sites/default/files/Modelling%20the%20antibiotic%20development%20process.pdf>
- Anderson, M., & Mossialos, E. (2020). Incentivising antibiotic research and development: is the UK's subscription payment model part of the solution? *The Lancet Infectious Diseases*, 20(2), 162–163. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(19\)30701-7](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(19)30701-7)
- Anderson, M., Panteli, D., van Kessel, R., Ljungqvist, G., Colombo, F., & Mossialos, E. (2023). Challenges and opportunities for incentivising antibiotic research and development in Europe. *The Lancet Regional Health - Europe*, 33, 100705. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2023.100705>

- Anderson, M., Towse, A., Outterson, K., & Mossialos, E. (2024). Implementing an EU pull incentive for antimicrobial innovation and access: blueprint for action. *The Lancet Microbe*, 5(10). [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(24\)00109-5](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(24)00109-5)
- Andreoni, J., & Croson, R. (2008). Chapter 82 Partners versus Strangers: Random Rematching in Public Goods Experiments. In *Handbook of Experimental Economics Results* (S. 776–783, Bd. 1). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1574-0722\(07\)00082-0](https://doi.org/10.1016/S1574-0722(07)00082-0)
- Årdal, C., Findlay, D., Savic, M., Carmeli, Y., Gyssens, I., Laxminarayan, R., Outterson, K., & Rex, J. H. (2018). *DRIVE-AB Final Report. Revitalizing the Antibiotic Pipeline: Stimulating Innovation While Driving Sustainable Use and Global Access*.
- Årdal, C., Baraldi, E., Theuretzbacher, U., Outterson, K., Plahte, J., Ciabuschi, F., & Røttingen, J.-A. (2018). Insights into early stage of antibiotic development in small- and medium-sized enterprises: a survey of targets, costs, and durations. *Journal of Pharmaceutical Policy and Practice*, 11(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s40545-018-0135-0>
- AstraZeneca. (2016, 24. August). *AstraZeneca to sell small molecule antibiotics business to Pfizer*. Abruf am 28. Januar 2026 unter <https://www.astrazeneca.com/content/astraz/media-centre/press-releases/2016/AstraZeneca-to-sell-small-molecule-antibiotics-business-to-Pfizer-24082016.html>
- Avlonitis, G. J., & Salavou, H. E. (2007). Entrepreneurial orientation of SMEs, product innovativeness, and performance. *Journal of Business Research*, 60(5), 566–575. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2007.01.001>
- Balasegaram, M., & Piddock, L. J. V. (2020). The Global Antibiotic Research and Development Partnership (GARDP) Not-for-Profit Model of Antibiotic Development. *ACS Infectious Diseases*, 6(6), 1295–1298. <https://doi.org/10.1021/acsinfecdis.0c00101>
- Baraldi, E., Ciabuschi, F., Leach, R., Morel, C. M., & Waluszewski, A. (2016). Exploring the Obstacles to Implementing Economic Mechanisms to Stimulate Antibiotic Research and Development: A Multi-Actor and System-Level Analysis. *American Journal of Law & Medicine*, 42(2), 451–486. <https://doi.org/10.1177/0098858816658276>
- BEAM Alliance. (o. D.). *BEAM Alliance*. Abruf am 6. August 2025 unter <https://beam-alliance.eu/>

- Bell, A., Fairbrother, M., & Jones, K. (2019). Fixed and random effects models: making an informed choice. *Quality & Quantity*, *53*(2), 1051–1074. <https://doi.org/10.1007/s11135-018-0802-x>
- BIOCOM Interrelations. (o. D.). *COMBINE* [IMI AMR accelerator]. Abruf am 6. August 2025 unter <https://amr-accelerator.eu/project/combine/>
- Blau, G. E., Pekny, J. F., Varma, V. A., & Bunch, P. R. (2004). Managing a Portfolio of Interdependent New Product Candidates in the Pharmaceutical Industry. *Journal of Product Innovation Management*, *21*(4), 227–245. <https://doi.org/10.1111/j.0737-6782.2004.00075.x>
- Boardman, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R., & Weimer, D. L. (2018, 19. Juli). *Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice* (5. Aufl.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108235594>
- Boggs, A. F., & Miller, G. H. (2004). Antibacterial drug discovery: is small pharma the solution? *Clinical Microbiology and Infection*, *10*, 32–36. <https://doi.org/10.1111/j.1465-0691.2004.1008.x>
- Bogner, A., Littig, B., & Menz, W. (Hrsg.). (2002). *Das Experteninterview*. VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-93270-9>
- Bolker, B. M., Brooks, M. E., Clark, C. J., Geange, S. W., Poulsen, J. R., Stevens, M. H. H., & White, J.-S. S. (2009). Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution*, *24*(3), 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.10.008>
- Bolton, G. E., Ockenfels, A., & Thonemann, U. W. (2010, 9. März). Managers and Students as Newsvendors: How Out-of-Task Experience Matters. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1567610>
- Boucaud-Maitre, D., Berdaï, D., & Salvo, F. (2021). Added Therapeutic Value of Medicinal Products for French and German Health Technology Assessment Organizations: A Systematic Comparison. *Value in Health*, *24*(3), 346–352. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2020.10.020>

- Brogan, D. M., & Mossialos, E. (2013). Incentives for new antibiotics: the Options Market for Antibiotics (OMA) model. *Globalization and Health*, 9(1), 58. <https://doi.org/10.1186/1744-8603-9-58>
- Brunswik, E. (1956). *Perception and the Representative Design of Psychological Experiments* (DGO - Digital original, 1). University of California Press. <https://doi.org/10.2307/jj.8501445>
- Bundesministerium für Gesundheit. (2023, April). DART 2030 – Deutsche Antibiotika Resistenzstrategie. https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/A/Antibiotika-Resistenz-Strategie/DART_2030_bf.pdf
- Butler, M. S., Blaskovich, M. A., & Cooper, M. A. (2013). Antibiotics in the clinical pipeline in 2013. *The Journal of Antibiotics*, 66(10), 571–591. <https://doi.org/10.1038/ja.2013.86>
- Cassar & Friedman, D. (2004). *Economics Lab: An intensive course in experimental economics* (Bd. 1). Routledge, Taylor & Francis Group.
- Center for Veterinary Medicine | FDA. (2024). 2023 Summary Report On Antimicrobials Sold or Distributed for Use in Food-Producing Animals. *FDA*. Abruf am 17. September 2025 unter <https://www.fda.gov/animal-veterinary/antimicrobial-resistance/2023-summary-report-antimicrobials-sold-or-distributed-use-food-producing-animals>
- Charness, G., Gneezy, U., & Kuhn, M. A. (2012). Experimental methods: Between-subject and within-subject design. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 81(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2011.08.009>
- Chen, D. L., Schonger, M., & Wickens, C. (2016). oTree—An open-source platform for laboratory, online, and field experiments. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 9, 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2015.12.001>
- Christensen, S. B. (2021). Drugs That Changed Society: History and Current Status of the Early Antibiotics: Salvarsan, Sulfonamides, and beta-Lactams. *Molecules*, 26(19), 6057. <https://doi.org/10.3390/molecules26196057>
- Ciabuschi, F., Baraldi, E., Lindahl, O., & Callegari, S. (2020). Supporting innovation against the threat of antibiotic resistance: Exploring the impact of public incentives on firm

- performance and entrepreneurial orientation. *Journal of Business Research*, 112, 271–280. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.12.021>
- Cohen, M., Jaffray, J.-Y., & Said, T. (1987). Experimental comparison of individual behavior under risk and under uncertainty for gains and for losses. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 39(1), 1–22. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(87\)90043-4](https://doi.org/10.1016/0749-5978(87)90043-4)
- Collignon, P., Beggs, J. J., Walsh, T. R., Gandra, S., & Laxminarayan, R. (2018). Anthropological and socioeconomic factors contributing to global antimicrobial resistance: a univariate and multivariable analysis. *The Lancet Planetary Health*, 2(9), e398–e405. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30186-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30186-4)
- Committee on Publication Ethics (COPE). (1999). The Cope Report 1999. Guidelines on good publication practice. Abruf am 2. Dezember 2025 unter <https://www.ntnu.edu/documents/140096/1275971792/COPEguidelines.pdf/69279e5d-f81b-4628-a4a1-e6bf88e31d22>
- Conroy, R. (2021, 3. August). *The Drug Exclusivity Landscape in Europe* [Reddie & grose]. Abruf am 15. August 2025 unter <https://www.reddie.co.uk/2021/08/03/the-drug-exclusivity-landscape-in-europe/>
- Courvalin, P. (2008). Predictable and unpredictable evolution of antibiotic resistance. *Journal of Internal Medicine*, 264(1), 4–16. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2796.2008.01940.x>
- Creswell, J. W., & Clark, V. L. P. (2017). *Designing and conducting mixed methods research*. Sage publications.
- Czajkowski, M., Giergiczny, M., & Greene, W. H. (2014). Learning and Fatigue Effects Revisited: Investigating the Effects of Accounting for Unobservable Preference and Scale Heterogeneity. *Land Economics*, 90(2), 324–351. <https://doi.org/10.3368/le.90.2.324>
- Czaplewski, L., Bax, R., Clokie, M., Dawson, M., Fairhead, H., Fischetti, V. A., Foster, S., Gilmore, B. F., Hancock, R. E. W., Harper, D., Henderson, I. R., Hilpert, K., Jones, B. V., Kadioglu, A., Knowles, D., Ólafsdóttir, S., Payne, D., Projan, S., Shaunak, S., ... Rex, J. H. (2016). Alternatives to antibiotics—a pipeline portfolio review. *The Lancet Infectious Diseases*, 16(2), 239–251. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(15\)00466-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(15)00466-1)

- Darrow, J. J., & Kesselheim, A. S. (2020). Incentivizing Antibiotic Development: Why Isn't the Generating Antibiotic Incentives Now (GAIN) Act Working? *Open Forum Infectious Diseases*, 7(1). <https://doi.org/10.1093/ofid/ofaa001>
- Das, P. (2019). *Econometrics in Theory and Practice: Analysis of Cross Section, Time Series and Panel Data with Stata 15.1*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-32-9019-8>
- Davis, D. D., & Holt, C. A. (1993). Experimental Economics: Methods, Problems, and Promise. *Estudios Económicos*, 8(2), 179–212.
- Deutsche Bundesbank. (o. D.). *Basiszinssatz nach § 247 BGB*. Abruf am 11. Mai 2025 unter <https://www.bundesbank.de/de/bundesbank/organisation/agb-und-regelungen/basiszinssatz-607820>
- Deutsches Zentrum für Infektionsforschung e.V. (o. D.). *Global AMR R&D Hub Dashboard*. Abruf am 20. Oktober 2025 unter <https://dashboard.globalamrhub.org/>
- Dheman, N., Mahoney, N., Cox, E. M., Farley, J. J., Amini, T., & Lanthier, M. L. (2021). An Analysis of Antibacterial Drug Development Trends in the United States, 1980–2019. *Clinical Infectious Diseases*, 73(11). <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa859>
- DiMasi, J. A., Grabowski, H. G., & Hansen, R. W. (2016). Innovation in the pharmaceutical industry: New estimates of R&D costs. *Journal of Health Economics*, 47, 20–33. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2016.01.012>
- DiMasi, J. A., Florez, M. I., Stergiopoulos, S., Peña, Y., Smith, Z., Wilkinson, M., & Getz, K. A. (2020). Development Times and Approval Success Rates for Drugs to Treat Infectious Diseases. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 107(2), 324–332. <https://doi.org/10.1002/cpt.1627>
- Dreber, A., Ellingsen, T., Johannesson, M., & Rand, D. G. (2013). Do people care about social context? Framing effects in dictator games. *Experimental Economics*, 16(3), 349–371. <https://doi.org/10.1007/s10683-012-9341-9>

- Drummond, M., Jönsson, B., Rutten, F., & Stargardt, T. (2011). Reimbursement of pharmaceuticals: reference pricing versus health technology assessment. *The European Journal of Health Economics*, *12*(3), 263–271. <https://doi.org/10.1007/s10198-010-0274-y>
- Eckel, C. C., & Grossman, P. J. (1996). Altruism in Anonymous Dictator Games. *Games and Economic Behavior*, *16*(2), 181–191. <https://doi.org/10.1006/game.1996.0081>
- Eckel, C. C., & Grossman, P. J. (2008). Chapter 113 Men, Women and Risk Aversion: Experimental Evidence. In *Handbook of Experimental Economics Results* (S. 1061–1073, Bd. 1). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1574-0722\(07\)00113-8](https://doi.org/10.1016/S1574-0722(07)00113-8)
- EDCTP. (o. D.). *The European & Developing Countries Clinical Trials Partnership*. Abruf am 6. November 2025 unter <https://www.edctp.org/>
- Eichberg, M. J. (2015). Public Funding of Clinical-Stage Antibiotic Development in the United States and European Union. *Health Security*, *13*(3), 156–165. <https://doi.org/10.1089/hs.2014.0081>
- Einav, L., & Levin, J. (2014). Economics in the age of big data. *Science*, *346*(6210), 1243089. <https://doi.org/10.1126/science.1243089>
- Eisenführ, F., & Weber, M. (1994). *Rationales Entscheiden* (2., verb. Aufl.). Berlin : Springer.
- Enanta Pharmaceuticals. (o. D.). *Collaborations*. Abruf am 6. November 2025 unter <https://www.enanta.com/collaborations/partnering-with-enanta/>
- Engel, A. (2020). Fostering Antibiotic Development through Impact Funding. *ACS Infectious Diseases*, *6*(6), 1311–1312. <https://doi.org/10.1021/acsinfecdis.0c00069>
- Europäische Kommission. (o. D.). *Orphan medicinal products*. Abruf am 3. Februar 2026 unter https://health.ec.europa.eu/medicinal-products/orphan-medicinal-products_en
- Europäische Kommission. (2025, 22. September). *Reform of the EU pharmaceutical legislation*. Abruf am 6. Oktober 2025 unter https://health.ec.europa.eu/medicinal-products/legal-framework-governing-medicinal-products-human-use-eu/reform-eu-pharmaceutical-legislation_en

- Europäischen Datenschutz-Grundverordnung (DS-GVO) (2016, 5. April). Abruf am 2. Dezember 2025 unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679>
- European Investment Bank. (2017). InnovFin Infectious Diseases. <https://doi.org/10.2867/483449>
- European Medicines Agency. (2023a). The European Regulatory System for Medicines. *Publications Office of the European Union*. <https://doi.org/10.2809/149734>
- European Medicines Agency (Hrsg.). (2023b). Sales of veterinary antimicrobial agents in 31 European countries in 2022: Trends from 2010 to 2022: Thirteenth ESVAC report. *Publications Office of the European Union*. <https://doi.org/10.2809/766171>
- Evaluate. (2025, 14. März). *2025 Orphan Drug Report: Are Orphans That Different?* Abruf am 18. September 2025 unter <https://www.evaluate.com/thought-leadership/orphan-drugs-2025-report/>
- Evotec. (2022, 6. Juli). *Evotec, Boehringer Ingelheim und bioMérieux gründen Aurobac, ein Joint Venture zur Bekämpfung antimikrobieller Resistenzen - Evotec Website (English)*. Abruf am 28. Januar 2026 unter <https://www.evotec.com/de/news/evotec-boehringer-ingelheim-und-biomerieux-grunden-aurobac-ein-joint-venture-zur-bekampfung-antimikrobieller-resistenzen>
- Fahmie, T. A., Rodriguez, N. M., Luczynski, K. C., Rahaman, J. A., Charles, B. M., & Zangrillo, A. N. (2023). Toward an explicit technology of ecological validity. *Journal of Applied Behavior Analysis*, *56*(2), 302–322. <https://doi.org/10.1002/jaba.972>
- Falk, A., & Heckman, J. J. (2009). Lab Experiments Are a Major Source of Knowledge in the Social Sciences. *Science*, *326*(5952), 535–538. <https://doi.org/10.1126/science.1168244>
- Fauci, A. S., & Marston, H. D. (2014). The Perpetual Challenge of Antimicrobial Resistance. *JAMA*, *311*(18), 1853–1854. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.2465>
- Fehr, E., Fischbacher, U., & Tougareva, E. (2002, Juli). Do High Stakes and Competition Undermine Fairness? Evidence from Russia. <https://doi.org/10.2139/ssrn.320384>

- Ferri, M., Ranucci, E., Romagnoli, P., & Giaccone, V. (2017). Antimicrobial resistance: A global emerging threat to public health systems. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(13), 2857–2876. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1077192>
- Fieleke, K. (2020, 14. Juli). *Pattern Raises Additional \$9M to Fast-track New Technology for the Fight Against Antibiotic Resistance*. Abruf am 6. November 2025 unter <https://pattern.bio/pattern-raises-additional-9m-to-fast-track-new-technology-for-the-fight-against-antibiotic-resistance/>
- FirstWord Pharma. (2021, 22. Oktober). *AiCuris Announces Expansion of its Collaboration with Lysando with a Focus on Diabetic Foot Infection*. New York. Abruf am 6. November 2025 unter <https://firstwordpharma.com/story/5425499>
- Fischbacher, U. (2007). z-Tree: Zurich toolbox for ready-made economic experiments. *Experimental Economics*, 10(2), 171–178. <https://doi.org/10.1007/s10683-006-9159-4>
- Fischer, D., & Breitenbach, J. (Hrsg.). (2020). *Die Pharmaindustrie: Einblick - Durchblick - Perspektiven*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61035-0>
- Flick, U. (2011). *Triangulation* (3. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-92864-7>
- Friedman, D., & Sunder, S. (1994). *Experimental Methods: A Primer for Economists*. Cambridge University Press.
- Gamba, S., Magazzini, L., & Pertile, P. (2025). The 2023 European Commission proposal and the 2024 European Parliament proposal for the EU pharmaceutical legislation: policy content analysis. *Health Policy*, 161, 105408. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2025.105408>
- Gargate, N., Laws, M., & Rahman, K. M. (2025). Current economic and regulatory challenges in developing antibiotics for Gram-negative bacteria. *npj Antimicrobials and Resistance*, 3(1), 50. <https://doi.org/10.1038/s44259-025-00123-1>
- Gemeinsamer Bundesausschuss. (o. D.). *Reserveantibiotika – keine reguläre Nutzenbewertung | G-BA*. Abruf am 14. August 2025 unter <https://www.g-ba.de/themen/arzneimittel/arzneimittel-richtlinie-anlagen/nutzenbewertung-35a/reserveantibiotika/>

- Giesselmann, M., & Windzio, M. (2012). *Regressionsmodelle zur Analyse von Paneldaten*. VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-18695-5>
- Giubilini, A. (2019). Antibiotic resistance as a tragedy of the commons: An ethical argument for a tax on antibiotic use in humans. *Bioethics*, *33*(7), 776–784. <https://doi.org/10.1111/bioe.12598>
- Global AMR R&D Hub & WHO. (2024, 14. Oktober). *Incentivising the development of new antibacterial treatments 2024*. World Health Organization. Geneva. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/2021-dha-docs/g7progress_2024_hub_who.pdf?sfvrsn=e7beafa2_3
- Goldman, M. (2012). The Innovative Medicines Initiative: A European Response to the Innovation Challenge. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, *91*(3), 418–425. <https://doi.org/10.1038/clpt.2011.321>
- Grand View Research. (2025). *Antibiotics Market Size, Share, Trends | Industry Report, 2033*. Grand View Research. Abruf am 16. September 2025 unter <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/antibiotic-market>
- Greenwald, A. G. (1976). Within-subjects designs: To use or not to use? *Psychological Bulletin*, *83*(2), 314–320. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.83.2.314>
- Grüner, H. P. (2008). *Wirtschaftspolitik*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-75800-6>
- Gummer, T., Roßmann, J., & Silber, H. (2021). Using Instructed Response Items as Attention Checks in Web Surveys: Properties and Implementation. *Sociological Methods & Research*, *50*(1), 238–264. <https://doi.org/10.1177/0049124118769083>
- Gurobi Optimization, LLC. (2025). *Gurobi Optimizer Reference Manual*. Gurobi Optimization, LLC. <https://www.gurobi.com>
- Hair, J. F., Risher, J. J., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2019). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European Business Review*, *31*(1), 2–24. <https://doi.org/10.1108/EBR-11-2018-0203>

- Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251–1271. <https://doi.org/10.2307/1913827>
- Hertwig, R., & Ortmann, A. (2001). Experimental practices in economics: A methodological challenge for psychologists? *Behavioral and Brain Sciences*, 24(3), 383–403. <https://doi.org/10.1017/S0140525X01004149>
- Holm, S. (1979). A Simple Sequentially Rejective Multiple Test Procedure. *Scandinavian Journal of Statistics*, 6(2), 65–70. <https://www.jstor.org/stable/4615733>
- Holmes, A. H., Moore, L. S. P., Sundsfjord, A., Steinbakk, M., Regmi, S., Karkey, A., Guerin, P. J., & Piddock, L. J. V. (2016). Understanding the mechanisms and drivers of antimicrobial resistance. *The Lancet*, 387(10014), 176–187. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00473-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00473-0)
- Hughes, J., Rees, S., Kalindjian, S., & Philpott, K. (2011). Principles of early drug discovery. *British Journal of Pharmacology*, 162(6), 1239–1249. <https://doi.org/10.1111/j.1476-5381.2010.01127.x>
- Hull, C. L. (1932). The goal-gradient hypothesis and maze learning. *Psychological Review*, 39(1), 25–43. <https://doi.org/10.1037/h0072640>
- Hurwicz, L. (1973). The Design of Mechanisms for Resource Allocation. *The American Economic Review*, 63(2), 1–30. <https://www.jstor.org/stable/1817047>
- IBM Corp. (2024). *IBM SPSS Statistics for Windows* (Version 29.0). Armonk, N.Y., USA, IBM Corp.
- IFPMA. (2020, 7. September). *New AMR Action Fund steps in to save collapsing antibiotic pipeline with pharmaceutical industry investment of US\$1 billion*. Abruf am 6. August 2025 unter <https://www.ifpma.org/news/new-amr-action-fund-steps-in-to-save-collapsing-antibiotic-pipeline-with-pharmaceutical-industry-investment-of-us1-billion/>
- Infection Control Today. (2003, 15. September). *Bayer and Paratek Pharmaceuticals Sign Collaboration Agreement for the Novel Antibiotic BAY 73-6944/PTK 0796*. Cranbury. Abruf

- am 6. November 2025 unter <https://www.infectioncontroltoday.com/view/bayer-and-paratek-pharmaceuticals-sign-collaboration-agreement-novel>
- Innovative Health Initiative (IHI). (o. D.). *ND4BB*. Abruf am 7. August 2025 unter <http://www.ih.europa.eu/projects-results/project-factsheets/nd4bb>
- International Agency for Research on Cancer (WHO). (o. D.). *Cancer Tomorrow* [Estimated number of deaths from 2022 to 2050, Both sexes, age [0-85+]]. Abruf am 5. August 2025 unter <https://gco.iarc.who.int/today/>
- IQVIA. (2022, 10. Februar). *Global Trends in R&D 2022*. Abruf am 20. August 2025 unter <https://www.iqvia.com/insights/the-iqvia-institute/reports-and-publications/reports/global-trends-in-r-and-d-2022>
- IQVIA. (2024). *Quarterly Pharmaceutical Market Outlook Report*. Abruf am 16. September 2025 unter <https://www.iqvia.com/library/white-papers/iqvia-quarterly-pharmaceutical-market-outlook-report>
- Italian Medicines Agency. (2025, 7. Dezember). *Determina Pres/966/2025* [Criteri per la classificazione dei farmaci innovativi e degli agenti antinfettivi per infezioni da germi multiresistenti, ai sensi della legge 30 dicembre 2024, n. 207, articolo 1, commi 281-292]. Abruf am 6. Oktober 2025 unter https://www.aifa.gov.it/documents/20142/847382/Determina_Pres-966-2025.pdf
- Jiang, X., Liu, H., Fey, C., & Jiang, F. (2018). Entrepreneurial orientation, network resource acquisition, and firm performance: A network approach. *Journal of Business Research*, 87, 46–57. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.02.021>
- Jonas, O., & Irwin, A. (2017). *Drug-Resistant Infections - A Threat to Our Economic Future (Final Report)*. World Bank. Washington, D.C.
- JPIAMR. (o. D.). *JPIAMR – Joint Programming Initiative on Antimicrobial Resistance*. Abruf am 5. Oktober 2025 unter <https://www.jpiamr.eu/>
- Jung, D., Adam, M., Dorner, V., & Hariharan, A. (2017). A practical guide for human lab experiments in information systems research: A tutorial with Brownie. *Journal of Systems and Information Technology*, 19(3), 228–256. <https://doi.org/10.1108/JSIT-06-2017-0049>

- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 47(2), 263–291. <https://doi.org/10.2307/1914185>
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT). (2024, 22. Juli). Leitlinien für ethische Grundsätze des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Abruf am 2. Dezember 2025 unter https://www.ethik.kit.edu/downloads/2024-07-22_Ethische_Leitlinien_KIT_final.pdf
- Keren, G., & Lewis, C. (1993). *A handbook for data analysis in the behavioral sciences: Methodological issues*. L. Erlbaum Associates Hillsdale, NJ.
- Kivetz, R., Urminsky, O., & Zheng, Y. (2006). The Goal-Gradient Hypothesis Resurrected: Purchase Acceleration, Illusionary Goal Progress, and Customer Retention. *Journal of Marketing Research*, 43(1), 39–58. <https://doi.org/10.1509/jmkr.43.1.39>
- Kozak, M. L., & Larsen, J. C. (2018). Economic Incentives for Antibacterial Drug Development: Alternative Market Structures to Promote Innovation. In I. W. Fong, D. Shlaes & K. Drlica (Hrsg.), *Antimicrobial Resistance in the 21st Century* (S. 721–753). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-78538-7_24
- Kupferschmidt, K. (2016). Resistance fighters. *Science*, 352(6287), 758–761. <https://doi.org/10.1126/science.352.6287.758>
- Laxminarayan, R., Duse, A., Wattal, C., Zaidi, A. K. M., Wertheim, H. F. L., Sumpradit, N., Vlieghe, E., Hara, G. L., Gould, I. M., Goossens, H., Greko, C., So, A. D., Bigdeli, M., Tomson, G., Woodhouse, W., Ombaka, E., Peralta, A. Q., Qamar, F. N., Mir, F., . . . Cars, O. (2013). Antibiotic resistance—the need for global solutions. *The Lancet Infectious Diseases*, 13(12), 1057–1098. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(13\)70318-9](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(13)70318-9)
- Lehmann, E., & Romano, J. P. (2022). *Testing Statistical Hypotheses*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-70578-7>
- Leonhart, R. (2008). *Psychologische Methodenlehre / Statistik* (1. Aufl., Bd. 3064). Ernst Reinhardt Verlag. <https://doi.org/10.36198/9783838530642>
- Lumpkin, G. T., & Dess, G. G. (1996). Clarifying the Entrepreneurial Orientation Construct and Linking It to Performance. *The Academy of Management Review*, 21(1), 135–172. <https://doi.org/10.2307/258632>

- Mankiw, N. G. (1998). *Principles of microeconomics* (Bd. 1). Elsevier.
- Martin, M. J., Thottathil, S. E., & Newman, T. B. (2015). Antibiotics Overuse in Animal Agriculture: A Call to Action for Health Care Providers. *American Journal of Public Health*, *105*(12), 2409–2410. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2015.302870>
- Maskin, E. S. (2008). Mechanism Design: How to Implement Social Goals. *American Economic Review*, *98*(3), 567–576. <https://doi.org/10.1257/aer.98.3.567>
- Matee, M. I., Manyando, C., Ndumbe, P. M., Corrah, T., Jaoko, W. G., Kitua, A. Y., Ambene, H. P., Ndounga, M., Zijenah, L., Ofori-Adjei, D., Agwale, S., Shongwe, S., Nyirenda, T., & Makanga, M. (2009). European and Developing Countries Clinical Trials Partnership (EDCTP): the path towards a true partnership. *BMC Public Health*, *9*(1), 249. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-9-249>
- Mause, K., Müller, C., & Schubert, K. (Hrsg.). (2018). *Politik und Wirtschaft*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-06227-9>
- McKenna, M. (2020). The antibiotic paradox: why companies can't afford to create life-saving drugs. *Nature*, *584*(7821), 338–342.
- Medarex. (2007). *Annual Report 2006 (Form 10-K)*. New Jersey. Abruf am 6. November 2025 unter https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/874255/000110465907015474/a07-5707_110k.htm
- Merck. (2014, 12. August). *Merck to Acquire Cubist Pharmaceuticals for \$102 Per Share in Cash* [Merck.com]. Abruf am 6. November 2025 unter <https://www.merck.com/news/merck-to-acquire-cubist-pharmaceuticals-for-102-per-share-in-cash/>
- Mestre-Ferrandiz, J., Sussex, J., & Towse, A. (2012). *The R&D Cost of a New Medicine*. Office of Health Economics.
- Meuser, M., & Nagel, U. (2009). Das Experteninterview — konzeptionelle Grundlagen und methodische Anlage. In S. Pickel, G. Pickel, H.-J. Lauth & D. Jahn (Hrsg.), *Methoden der vergleichenden Politik- und Sozialwissenschaft: Neue Entwicklungen und Anwendungen* (S. 465–479). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-91826-6_23

- Microsoft Corporation. (2025). *Microsoft® Excel® für Microsoft 365 MSO* (Version 2509 Build 16.0.19231.20246 64 Bit).
- Miethke, M., Pieroni, M., Weber, T., Brönstrup, M., Hammann, P., Halby, L., Arimondo, P. B., Glaser, P., Aigle, B., Bode, H. B., Moreira, R., Li, Y., Luzhetskyy, A., Medema, M. H., Pernodet, J.-L., Stadler, M., Tormo, J. R., Genilloud, O., Truman, A. W., . . . Müller, R. (2021). Towards the sustainable discovery and development of new antibiotics. *Nature Reviews Chemistry*, 5(10), 726–749. <https://doi.org/10.1038/s41570-021-00313-1>
- Milgrom, P. (1998). Game theory and the spectrum auctions. *European Economic Review*, 42(3), 771–778. [https://doi.org/10.1016/S0014-2921\(97\)00146-3](https://doi.org/10.1016/S0014-2921(97)00146-3)
- Morel, C. M., & Mossialos, E. (2010). Stoking the antibiotic pipeline. *BMJ*, 340, c2115. <https://doi.org/10.1136/bmj.c2115>
- Morgan, D. J., Okeke, I. N., Laxminarayan, R., Perencevich, E. N., & Weisenberg, S. (2011). Non-prescription antimicrobial use worldwide: a systematic review. *The Lancet Infectious Diseases*, 11(9), 692–701. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(11\)70054-8](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(11)70054-8)
- Mossialos, E., Morel, C. M., Edwards, S., Berenson, J., Gemmill-Toyama, M., & Brogan, D. (Hrsg.). (2010). *Policies and incentives for promoting innovation in antibiotic research*. World Health Organization, European Observatory on Health Systems; Policies.
- Munos, B. (2009). Lessons from 60 years of pharmaceutical innovation. *Nature Reviews Drug Discovery*, 8(12), 959–968. <https://doi.org/10.1038/nrd2961>
- Murray, C. J. L., Ikuta, K. S., Sharara, F., Swetschinski, L., Robles Aguilar, G., Gray, A., Han, C., Bisignano, C., Rao, P., Wool, E., Johnson, S. C., Browne, A. J., Chipeta, M. G., Fell, F., Hackett, S., Haines-Woodhouse, G., Kashef Hamadani, B. H., Kumaran, E. A. P., McManigal, B., . . . Naghavi, M. (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *The Lancet*, 399(10325), 629–655. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)
- Myerson, R. B. (2008). Perspectives on Mechanism Design in Economic Theory. *American Economic Review*, 98(3), 586–603. <https://doi.org/10.1257/aer.98.3.586>

- Naghavi, M., Vollset, S. E., Ikuta, K. S., Swetschinski, L. R., Gray, A. P., Wool, E. E., Robles Aguilar, G., Mestrovic, T., Smith, G., Han, C., Hsu, R. L., Chalek, J., Araki, D. T., Chung, E., Raggi, C., Gershberg Hayoon, A., Davis Weaver, N., Lindstedt, P. A., Smith, A. E., . . . Murray, C. J. L. (2024). Global burden of bacterial antimicrobial resistance 1990–2021: a systematic analysis with forecasts to 2050. *The Lancet*, *404*(10459), 1199–1226. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)01867-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)01867-1)
- National Institutes of Health (NIH). (2025, 17. Juni). *Funding for Various Research, Condition, and Disease Categories (RCDC)*. Abruf am 6. November 2025 unter <https://report.nih.gov/funding/categorical-spending#/>
- Nguyen, N. X., Sheingold, S. H., Tarazi, W., & Bosworth, A. (2022). Effect of Competition on Generic Drug Prices. *Applied Health Economics and Health Policy*, *20*(2), 243–253. <https://doi.org/10.1007/s40258-021-00705-w>
- Nickell, S. (1981). Biases in Dynamic Models with Fixed Effects. *Econometrica*, *49*(6), 1417–1426. <https://doi.org/10.2307/1911408>
- Novo Holdings. (o. D.). *REPAIR Impact Fund*. Abruf am 6. November 2025 unter <https://www.repair-impact-fund.com/>
- OHAMR. (o. D.). *European Partnership on One Health Antimicrobial Resistance*. Abruf am 6. November 2025 unter <https://ohamr.eu/>
- Okhravi, C. (2020). Economics of Public Antibiotics Development. *Frontiers in Public Health*, *8*, 161. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00161>
- Okhravi, C., Callegari, S., McKeever, S., Kronlid, C., Baraldi, E., Lindahl, O., & Ciabuschi, F. (2018). Simulating Market Entry Rewards for Antibiotics Development. *Journal of Law, Medicine & Ethics*, *46*, 32–42. <https://doi.org/10.1177/1073110518782913>
- Okuyama, R. (2024). Increased contribution of small companies to late-entry drugs: a changing trend in FDA-approved drugs during the 2020s. *Drug Discovery Today*, *29*(2), 103866. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2023.103866>
- O’Neill, J. (2016). Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations. *Review on Antimicrobial Resistance*.

- Oppenheimer, D. M., Meyvis, T., & Davidenko, N. (2009). Instructional manipulation checks: Detecting satisficing to increase statistical power. *Journal of Experimental Social Psychology*, 45(4), 867–872. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2009.03.009>
- O’Shea, B., & Carey, A. (2025). RWD109 Trends in the Global Drug Development Pipeline 2024. *Value in Health*, 28(6), S382. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2025.04.1692>
- Outterson, K. (2021a, 19. Mai). *BU AMR model with dashboard*. Abruf am 10. November 2025 unter <https://hdl.handle.net/2144/42568>
- Outterson, K. (2021b). Estimating The Appropriate Size Of Global Pull Incentives For Antibacterial Medicines: Study examines global antibacterial pull incentives. *Health Affairs*, 40(11), 1758–1765. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2021.00688>
- Outterson, K., Orubu, E. S. F., Rex, J., Årdal, C., & Zaman, M. H. (2022). Patient Access in 14 High-Income Countries to New Antibacterials Approved by the US Food and Drug Administration, European Medicines Agency, Japanese Pharmaceuticals and Medical Devices Agency, or Health Canada, 2010–2020. *Clinical Infectious Diseases*, 74(7), 1183–1190. <https://doi.org/10.1093/cid/ciab612>
- Outterson, K., Powers, J. H., Daniel, G. W., & McClellan, M. B. (2015). Repairing The Broken Market For Antibiotic Innovation. *Health Affairs*, 34(2), 277–285. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2014.1003>
- Outterson, K., & Rex, J. H. (2020). Evaluating for-profit public benefit corporations as an additional structure for antibiotic development and commercialization. *Translational Research*, 220, 182–190. <https://doi.org/10.1016/j.trsl.2020.02.006>
- Patel, J., Harant, A., Fernandes, G., Mwamelo, A. J., Hein, W., Dekker, D., & Sridhar, D. (2023). Measuring the global response to antimicrobial resistance, 2020–21: a systematic governance analysis of 114 countries. *The Lancet Infectious Diseases*, 23(6), 706–718. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(22\)00796-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(22)00796-4)
- Payne, D. J., Gwynn, M. N., Holmes, D. J., & Pompliano, D. L. (2007). Drugs for bad bugs: confronting the challenges of antibacterial discovery. *Nature Reviews Drug Discovery*, 6(1), 29–40. <https://doi.org/10.1038/nrd2201>

- Plackett, B. (2020). Why big pharma has abandoned antibiotics. *Nature*, 586(7830), S50–S52. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-02884-3>
- Pregibon, D. (1980). Goodness of Link Tests for Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society Series C: Applied Statistics*, 29(1), 15–24. <https://doi.org/10.2307/2346405>
- Projan, S. J. (2003). Why is big Pharma getting out of antibacterial drug discovery? *Current Opinion in Microbiology*, 6(5), 427–430. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2003.08.003>
- Reardon, S. (2014). WHO warns against 'post-antibiotic' era. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/nature.2014.15135>
- Reese, H. W. (1997). Counterbalancing and Other Uses of Repeated-Measures Latin-Square Designs: Analyses and Interpretations. *Journal of Experimental Child Psychology*, 64(1), 137–158. <https://doi.org/10.1006/jecp.1996.2333>
- Rees-Jones, A., & Taubinsky, D. (2018). Taxing Humans: Pitfalls of the Mechanism Design Approach and Potential Resolutions. *Tax Policy and the Economy*, 32(1), 107–133. <https://doi.org/10.1086/697139>
- Renwick, M. J., Brogan, D. M., & Mossialos, E. (2016). A systematic review and critical assessment of incentive strategies for discovery and development of novel antibiotics. *The Journal of Antibiotics*, 69(2), 73–88. <https://doi.org/10.1038/ja.2015.98>
- Rex, J. H., & Outtersson, K. (2016). Antibiotic reimbursement in a model delinked from sales: a benchmark-based worldwide approach. *The Lancet. Infectious Diseases*, 16(4), 500–505. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(15\)00500-9](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(15)00500-9)
- Sauermann, H., & Selten, R. (1959). Ein Oligopolexperiment. *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft / Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 115(3), 427–471. <https://www.jstor.org/stable/40748152>
- Saville, D. J. (1990). Multiple Comparison Procedures: The Practical Solution. *The American Statistician*, 44(2), 174–180. <https://doi.org/10.2307/2684163>

- Schläfer, J. (2026). Ergänzendes Material zum Antibiotika-Fördermodell und Experiment. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18544781>
- Schubert, R., Brown, M., Gysler, M., & Brachinger, H. W. (1999). Financial Decision-Making: Are Women Really More Risk-Averse? *The American Economic Review*, 89(2), 381–385. <https://www.jstor.org/stable/117140>
- Scott Long, J. (1997). Regression models for categorical and limited dependent variables. *Advanced quantitative techniques in the social sciences*, 7.
- SEC. (2011, 31. Dezember). *BUSINESS AGREEMENTS*. Abruf am 6. November 2025 unter <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/912183/000104746912001597/R9.htm>
- Sertkaya, A., Eyraud, J., Birkenbach, A., Franz, C., Ackerly, N., Overton, V., & Outterson, K. (2014). Analytical Framework for Examining the Value of Antibacterial Products. *Submitted to U.S. Department of Health and Human Services*.
- Sharma, P., & Towse, A. (2010). New Drugs to Tackle Antimicrobial Resistance: Analysis of EU Policy Options. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2640028>
- Shlaes, D. M., & Bradford, P. A. (2018). Antibiotics—From There to Where?: How the antibiotic miracle is threatened by resistance and a broken market and what we can do about it. *Pathogens & Immunity*, 3(1), 19–43. <https://doi.org/10.20411/pai.v3i1.231>
- Silver, L. L. (2011). Challenges of Antibacterial Discovery. *Clinical Microbiology Reviews*, 24(1), 71–109. <https://doi.org/10.1128/cmr.00030-10>
- Simpkin, V. L., Renwick, M. J., Kelly, R., & Mossialos, E. (2017). Incentivising innovation in antibiotic drug discovery and development: progress, challenges and next steps. *The Journal of Antibiotics*, 70(12), 1087–1096. <https://doi.org/10.1038/ja.2017.124>
- Slonim, R., Wang, C., Garbarino, E., & Merrett, D. (2013). Opting-in: Participation bias in economic experiments. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 90, 43–70. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2013.03.013>
- Smith, V. L. (1976). Experimental Economics: Induced Value Theory. *The American Economic Review*, 66(2), 274–279. <https://www.jstor.org/stable/1817233>

- Spellberg, B., Sharma, P., & Rex, J. H. (2012). The critical impact of time discounting on economic incentives to overcome the antibiotic market failure. *Nature Reviews Drug Discovery*, *11*(2), 168–168. <https://doi.org/10.1038/nrd3560-c1>
- StataCorp. (2012). *Stata Statistical Software Release 12.1*. College Station, TX.
- Steel, P., & König, C. J. (2006). Integrating Theories of Motivation. *Academy of Management Review*, *31*(4), 889–913. <https://doi.org/10.5465/amr.2006.22527462>
- Stern, S., Chorzelski, S., Franken, L., Völler, S., Rentmeister, H., & Grosch, B. (2017). Breaking through the Wall (GUARD). *The Boston Consulting Group*.
- Stroup, W. W. (2013). *Generalized Linear Mixed Models : Modern Concepts, Methods and Applications*. CRC Press.
- Sturm, B., & Weimann, J. (2007). Unilateral emissions abatement: An experiment. In *Environmental Economics, Experimental Methods* (1. Aufl., S. 27). Routledge.
- Teillant, A., Gandra, S., Barter, D., Morgan, D. J., & Laxminarayan, R. (2015). Potential burden of antibiotic resistance on surgery and cancer chemotherapy antibiotic prophylaxis in the USA: a literature review and modelling study. *The Lancet Infectious Diseases*, *15*(12), 1429–1437. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(15\)00270-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(15)00270-4)
- Towse, A., Hoyle, C. K., Goodall, J., Hirsch, M., Mestre-Ferrandiz, J., & Rex, J. H. (2017). Time for a change in how new antibiotics are reimbursed: Development of an insurance framework for funding new antibiotics based on a policy of risk mitigation. *Health Policy*, *121*(10), 1025–1030. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2017.07.011>
- Towse, A., & Sharma, P. (2011). Incentives for R&D for New Antimicrobial Drugs. *International Journal of the Economics of Business*, *18*(2), 331–350. <https://doi.org/10.1080/13571516.2011.584434>
- Ulrich, V., & Cassel, D. (2015). *AMNOG auf dem ökonomischen Prüfstand: Funktionsweise, Ergebnisse und Reformbedarf der Preisregulierung für neue Arzneimittel in Deutschland* (Bd. 56). Nomos.

- UN Environment Programme. (2024, 26. September). *World leaders commit to decisive action on antimicrobial resistance* [Section: News and Stories]. Abruf am 29. Januar 2026 unter <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/world-leaders-commit-decisive-action-antimicrobial-resistance>
- US Congress. (2011). Generating Antibiotic Incentives Now Act of 2011. *112th Cong*, 1734. <https://www.congress.gov/112/bills/hr2182/BILLS-112hr2182ih.pdf>
- U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention. (2013). *Antibiotic resistance threats in the United States, 2013*. Atlanta, Georgia.
- Vågsholm, I., & Höjgård, S. (2010). Antimicrobial sensitivity—A natural resource to be protected by a Pigouvian tax? *Preventive Veterinary Medicine*, *96*(1), 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.05.003>
- Varian, H. R. (2010). Computer Mediated Transactions. *American Economic Review*, *100*(2), 1–10. <https://doi.org/10.1257/aer.100.2.1>
- Varian, H. R. (2014). *Intermediate Microeconomics: A Modern Approach* (9. Aufl.). W. W. Norton & Company,
- Von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1947). *Theory of games and economic behavior*, 2nd rev. ed. Princeton University Press.
- Voslinsky, A., & Azar, O. H. (2021). Incentives in experimental economics. *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, *93*, 101706. <https://doi.org/10.1016/j.socec.2021.101706>
- Wald, A. (1943). Tests of statistical hypotheses concerning several parameters when the number of observations is large. *Transactions of the American Mathematical Society*, *54*(3), 426–482. <https://doi.org/10.1090/S0002-9947-1943-0012401-3>
- Wasan, H., Singh, D., Reeta, K. H., & Gupta, Y. K. (2023). Landscape of Push Funding in Antibiotic Research: Current Status and Way Forward. *Biology*, *12*(1), 101. <https://doi.org/10.3390/biology12010101>

- Watzek, G. (2020). *Globale Pharmaindustrie – quo vadis?* (2. Aufl.). Springer Gabler. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-658-36302-4>
- Weimann, J., & Brosig-Koch, J. (2019). *Einführung in die experimentelle Wirtschaftsforschung*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-32765-0>
- Wilson, R. (2002). Architecture of Power Markets. *Econometrica*, 70(4), 1299–1340. <https://doi.org/10.1111/1468-0262.00334>
- World Health Organization. (2015). *Global action plan on antimicrobial resistance*. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data.
- World Health Organization. (2017). *Antibacterial agents in clinical development: an analysis of the antibacterial clinical development pipeline, including tuberculosis*. WHO/EMP/I-AU/2017.12.
- World Health Organization. (2022a). *2021 Antibacterial Agents in Clinical and Preclinical Development: An Overview and Analysis*.
- World Health Organization. (2022b, 7. Dezember). *Urgent call for better use of existing vaccines and development of new vaccines to tackle AMR*. Abruf am 1. August 2025 unter <https://www.who.int/news/item/12-07-2022-urgent-call-for-better-use-of-existing-vaccines-and-development-of-new-vaccines-to-tackle-amr>
- World Health Organization. (2024a). *2023 Antibacterial agents in clinical and preclinical development an overview and analysis*.
- World Health Organization. (2024b). *WHO bacterial priority pathogens list, 2024: bacterial pathogens of public health importance, to guide research, development, and strategies to prevent and control antimicrobial resistance*.
- World Health Organization. (2025). *Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (Glass) Report*. <https://iris.who.int/handle/10665/381094>
- Wouters, O. J., McKee, M., & Luyten, J. (2020). Estimated Research and Development Investment Needed to Bring a New Medicine to Market, 2009-2018. *JAMA*, 323(9), 844–853. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.1166>

Xin Yu, J., Hubbard-Lucey, V. M., & Tang, J. (2019). Immuno-oncology drug development goes global. *Nature Reviews Drug Discovery*, *18*(12), 899–900. <https://doi.org/10.1038/d41573-019-00167-9>

Zentes, J., Swoboda, B., & Morschett, D. (Hrsg.). (2003). *Kooperationen, Allianzen und Netzwerke*. Gabler Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-99865-1>